



**TUGAS AKHIR - TM 141585**

## **PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA ITS**

Agung Yudistira Soetikno Putra  
NRP. 2110 100 151

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**FINAL PROJECT - TM 141585**

## **DEVELOPMENT OF THE ITS BICYCLE FRAME**

Agung Yudistira Soetikno Putra  
NRP. 2110 100 151

Academic Advisor  
Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng

DEPARTMENT MECHANICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015

## **PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA ITS**

### **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**AGUNG YUDISTIRA SOETIKNO PUTRA**

**Nrp. 2110 100 151**

**Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :**

1. Prof.Dr.Ing.Ir. I Made Londen Batan, M.Eng  
(NIP. 195811061986011002)..... (Pembimbing)
2. Arif Wahjudi, ST., MT., Ph.D  
(NIP. 197303222001121001)..... (Penguji 1)
3. Dinny Harnany, S.T., M.Sc.  
(NIP. 2100201405001)..... (Penguji 2)
4. Indra Sidharta, S.T., M.Sc.  
(NIP. 198006192006041004)..... (Penguji 3)

**SURABAYA**

**2015**

## **PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA ITS**

**Nama Mahasiswa : Agung Yudistira Soetikno Putra**  
**NRP : 2110 100 151**  
**Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ing. I Made Londen B, M.Eng**

### **Abstrak**

*Sepeda adalah solusi untuk menciptakan transportasi yang ramah lingkungan. Karena jarak antara jurusan di ITS cukup jauh, ITS bermaksud membantu transportasi antar jurusan dengan sepeda kampus. Atas dasar tersebut, pada tahun 2014 Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk telah merancang dan membuat sepeda multigender untuk civitas akademika ITS. Dari hasil uji fungsi menunjukkan sepeda tersebut masih belum stabil dan aman pada saat berbelok. Demikian pula dari hasil uji ergonomi sepeda juga masih kurang nyaman untuk dikendarai, karena dari responden wanita nilai RULanya masih ada yang 4. Oleh karena itu perlu dilakukan pengembangan sepeda khususnya pada desain rangka yang baru.*

*Langkah- langkah penelitian yang dilakukan adalah evaluasi sepeda multigender yang ada. Dari evaluasi tersebut pada langkah awal dilakukan perubahan geometri rangka, yaitu sudut head tube dari 80° menjadi 74°, dan wheelbase tidak melebihi standar yaitu 1150mm. Selanjutnya dilakukan perubahan profil rangka utama dari bentuk round square menjadi ellips. Hal ini dimaksudkan untuk menambah kekakuan rangka. Setelah itu dilakukan evaluasi resiko cedera pengendara, baik laki- laki maupun perempuan dengan metode RULA (Rapid Upper Limb Assessment) dengan menggunakan software CATIA V5R20. Selanjutnya melakukan analisa kekuatan material, khususnya analisa tegangan yang terjadi pada rangka utama. Kemudian diakhiri dengan langkah membuat gambar detail rancangan sepeda tersebut dengan software CATIA V5R20.*

*Hasil dari penelitian ini adalah rancangan sepeda ITS dengan spesifikasi panjang total 1217mm dan tinggi 930mm. Jarak antara wheelbase 1150mm, diameter roda depan dan belakang sama yaitu 670mm. Sudut headtube rangka 74°. Dari analisa ergonomi menunjukkan bahwa nilai dari RULA pria dan wanita adalah 3. Rangka utama sepeda ITS terbuat dari material A ST45 berbentuk elips mampu menahan beban 100kg, dimana tegangan maksimum yang terjadi dari hasil analisa dengan menggunakan software CATIA V5R20 sebesar 57,8 MPa, lebih kecil daripada tegangan ijin material A ST45 sebesar 60MPa. Kemudian didapatkan perancangan proses manufaktur dan perakitan rangka, serta perakitan rancangan sepeda.*

***Kata kunci: rangka sepeda its, aman, ergonomis, RULA, CATIA***

## DEVELOPMENT OF THE ITS BICYCLE FRAME

**Student Name** : Agung Yudistira Soetikno Putra  
**NRP** : 2110 100 151  
**Department** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Academic Advisor** : Prof. Dr. Ing. I Made Londen B, M.Eng

### **Abstract**

*The bike is the solution to creating an environmentally friendly transport. Because the distance between the departments in ITS far enough away, ITS meant to help transportation between campus by bicycle Department. On the basis of the aforementioned, in 2014 the laboratory design and product development have been designing and making the bike multigender for civitas academica ITS. From the results of the test function demonstrates the bike is still not stable and secure at the time of the turn. Similarly, the results of the test bike ergonomics are also less comfortable to drive, because of the respondents women RULA value there is 4. Therefore it needs to be done especially on the design of bicycle development order a new one.*

*The steps research done is a bicycle evaluation multigender. The evaluation of the first step done change the geometry of the frame, i.e., the angle of the head tube of 80° to 74°, and becomes a wheelbase not exceeding the standard IE 1150mm. next conducted major order of profile changes the shape of the round square became the ellips. It is intended to increase the stiffness of the frame. After it's done an evaluation of the risk of injury to riders, both men and women with RULA methods (Rapid Upper Limb Assessment) using the software CATIA V5R20. Further analysis of strength of materials, in particular the analysis of voltage that occurs in the main frame. Then ends with steps to make the bike design detail images with software CATIA V5R20.*



*The results of this research is the design of the bike with ITS specifications total length 1217mm and high 930mm. The distance between the 1150mm wheelbase, front and rear wheel diameter is the same i.e. 670mm. 74° headtube Angle order. Analysis of ergonomics showed that the value of RULA men and women is 3. The main bike frame ITS made of material with elliptical A ST45 is able to withstand a load of 100 kg, where the maximum voltage that occurs from the results of the analysis using the software CATIA V5R20 of average 57,8 MPa, smaller than the tension of the material permits A ST45 of 60MPa. Then obtained the manufacturing and Assembly process design framework, as well as Assembly design of the bike.*

*Keywords: bicycle frame ITS, secure, ergonomic, RULA, CATIA*

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillahirrabbi ‘alamiin, puji syukur penulis ucapkan hanya kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya selama penulis menjalani perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember, sehingga penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul:

### **“PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA ITS”**

Dengan terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunannya terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ibunda Sri Wahyuningsih dan Ayahanda Bambang Soetikno yang telah memberikan banyak doa, dukungan dan semangat yang tiada mengenal kata lelah maupun pamrih.
2. Kakak dan adik penulis, Tantri Wahyu Utami, Alm. Septrie Anggie, dan Serliana Ambarwati yang selalu memberikan semangat dan motivasi.
3. Bapak Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen B, M.Eng. yang memberikan bimbingan mulai awal penulisan tugas akhir hingga selesai.
4. Bapak Arif Wahjudi, ST, MT, Ph.D, Bapak Dr. Ir. Agus Sigit Pramono, DEA, Bapak Indra Sidharta, ST, M.Sc, dan Ibu Dinny Harnany, ST, M.Sc. selaku dosen penguji seminar dan sidang tugas akhir yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Bambang Pramujati, ST., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
6. Teman-teman dan karyawan Laboratorium Perancangan Dan Pengembangan Produk.
7. Seluruh Staff Pengajar dan karyawan di Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.



8. Dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kebaikan bagi banyak pihak serta bernilai ibadah di hadapan Allah SWT. Amin.

Surabaya, Juli 2015

Agung Yudistira S.P

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	i
<b>ABSTRAK</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>KATA PENGANTAR</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b>	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	5
2.1 Sepeda Kota ( <i>City Bike</i> )	5
2.2 Karakteristik Rangka Sepeda	6
2.3 Analisa Beban dan Tegangan	8
2.4 Teori-Teori Kegagalan	9
2.4.1 Teori-Teori Kegagalan Statik	10
2.4.2 Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum	11
2.5 Faktor Keamanan	12
2.5.1 Penentuan Faktor Keamanan	13
2.6 Analisa Resiko Cedera Dengan Metode RULA	14
2.6.1 Penilaian Postur Kerja Tubuh	15
2.6.2 Penilaian Kelompok Postur Kerja Tubuh	17
2.6.3 Penjumlahan Nilai Total	18
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	21
3.1 Langkah-Langkah Penelitian	21
3.1.1 Studi Literatur dan Lapangan	21
3.1.2 Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan	21
3.1.3 Pengembangan Konsep Rangka	22

3.1.4 Analisa Ergonomi.....	22
3.1.5 Analisa Kekuatan Material Rangka.....	22
3.1.6 Gambar Detail Rancangan.....	22
3.1.7 Perancangan Proses Manufaktur dan Perakitan Rangka.....	22
3.1.8 Perakitan Rancangan Sepeda.....	23
3.1.9 Kesimpulan dan Saran.....	23
3.2 Diagram Alir Perancangan.....	23
<b>BAB 4 PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA ITS</b>	27
4.1 Kajian Sepeda ITS Yang Ada .....	27
4.2 Pengembangan Konsep Rangka Sepeda ITS.....	29
4.3 Perancangan Rangka.....	30
4.3.1 Geometri Rangka .....	30
4.3.2 Profil (Penampang) Rangka Utama.....	31
4.3.3 Perhitungan Momen Inersia.....	32
4.4 Analisa Ergonomi Sepeda Dengan Metode RULA...	34
4.4.1 Analisa Ergonomi Sepeda Untuk Pria.....	34
4.4.2 Analisa Ergonomi Sepeda Untuk Wanita.....	36
4.5 Analisa Kekuatan Material .....	38
4.5.1 Perhitungan Manual Rangka Sepeda ITS .....	39
4.5.2 Analisa Tegangan Rangka Sepeda Menggunakan Software CATIA	45
<b>BAB 5 PERANCANGAN PROSES PEMBUATAN DAN PERAKITAN</b> .....	49
5.1 Rancangan Proses Pembuatan.....	49
5.1.1 Bagian Rangka Yang Dibuat.....	50
5.1.2 Rancangan Proses Pembuatan Bagian-Bagian Rangka.....	51
5.2 Rancangan Proses Perakitan.....	53
5.2.1 Perakitan Bagian-Bagian Rangka.....	53
5.2.2 Perakitan Rancangan Sepeda.....	56
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	59
6.1 Kesimpulan.....	59
6.2 Saran.....	59

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **BIODATA PENULIS**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Hasil Analisa RULA Responden.....	2
Tabel 2.1	Momen Inersia Profil Lingkaran, Oval, Kotak, dan Segitiga.....	8
Tabel 2.2	Faktor Keamanan pada Material.....	14
Tabel 2.3	Tahapan Aplikasi Metode RULA.....	15
Tabel 2.4	Tabel RULA Bagian A.....	15
Tabel 2.5	Tabel RULA Bagian B.....	16
Tabel 2.6a	Tabel Penilaian Kelompok A.....	17
Tabel 2.6b	Tabel Penilaian Kelompok B.....	18
Tabel 2.7	Tabel RULA Bagian C.....	18
Tabel 2.8	Nilai Tingkat Resiko Cedera.....	19
Tabel 4.1	Spesifikasi Sepeda Wanita.....	29
Tabel 4.2	Spesifikasi Sepeda Pria.....	29
Tabel 4.3	Besar Gaya Yang Terjadi Pada Setiap Batang Rangka Sepeda.....	43
Tabel 4.4	Tegangan Pada Tiap Batang Rangka Sepeda....	44
Tabel 5.1	Proses Manufaktur Bagian Rangka Sepeda ITS.....	50
Tabel 5.2	Bagian Dari Rangka Sepeda ITS Serta Manufakturnya.....	52

\*\*\* Halaman Ini Sengaja Dikosongkan \*\*\*



## BAB I PENDAHULUAN

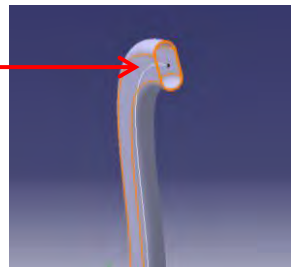
### 1.1 Latar Belakang

Dalam rangka untuk menyelamatkan lingkungan dari polusi, perlu adanya inovasi yang bergerak di bidang transportasi untuk mengurangi jumlah polusi yang terus diciptakan oleh masyarakat. ITS salah satu institusi yang mulai bergerak untuk menciptakan transportasi yang ramah lingkungan salah satunya adalah sepeda. Mahasiswa-mahasiswa ITS mulai menciptakan dan mengembangkan sepeda untuk seluruh civitas akademika untuk mendukung gerakan green campus.

Saudara Rudy Andrian [2014] salah satu mahasiswa Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk Jurusan Teknik Mesin telah merancang dan mengembangkan serta membuat sepeda ITS, seperti terlihat pada gambar 1a. Rangka sepeda tersebut berbentuk persis seperti huruf ITS, dan rangka utamanya (bentuk s) penampang berbentuk *round square*, seperti terlihat pada gambar 1b. Sepeda tersebut memang dirancang dapat digunakan oleh kalangan seluruh civitas akademika ITS, baik laki-laki maupun perempuan.



**Gambar 1a.** Sepeda ITS rancangan Rudy [2014]



**Gambar 1b.** Bentuk penampang pipa rangka *main tube* [Rudi 2014]

Sepeda yang dirancang dan dibuat tersebut kemudian diuji dari aspek fungsi dengan cara berkendara langsung menggunakan sepeda dan uji ergonomi dengan mengukur posisi tubuh pengendara saat diatas sepeda dengan menggunakan goniometer. Hasil uji fungsi menunjukkan bahwa sepeda masih tidak stabil dan aman pada saat berbelok. Hal tersebut disebabkan karena sudut *headtube*nya terlalu besar yaitu  $80^\circ$  dan jarak *wheelbase* yang paling jauh yaitu 1180mm. Kondisi tersebut menyebabkan posisi steer terlalu kedepan, hampir mirip dengan sepeda balap. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pengukuran posisi tubuh pengendara, seperti terlihat pada tabel 1.1. Pengendara (responden) pada uji ergonomi sepeda tersebut adalah pengendara pria dan wanita.

**Tabel 1.1** Hasil analisa RULA responden

Bagian Tubuh	NILAI RULA					
	Pria			Wanita		
	Agus (180)	Jemy (173)	Gandi (165)	Febri (165)	Dhini (161)	Chontry (148)
Lengan atas	3	3	3	3	3	4
Lengan bawah	2	2	2	2	2	2
Pergelangan tangan	2	2	2	2	2	2
Pergelangan tangan memutar	1	1	1	1	1	1
<b>Skor total grup A</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
Leher	2	2	2	2	2	2
Punggung	2	2	2	2	2	3
Kaki	1	1	1	1	1	1
<b>Skor total grup B</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>FINAL SCORE</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Tabel 1.1 menunjukkan hasil uji ergonomi dengan mengukur posisi tubuh pengendara, ternyata hasil pengukuran posisi tubuh pengendara dari tiga responden pria dan tiga responden wanita didapatkan hasil ergonomi yang cukup baik untuk responden pria yaitu dengan nilai RULA adalah 3. Sedangkan untuk responden wanita, dua responden wanita mempunyai nilai RULA 3, sedangkan 1 orang dengan nilai 4.

Disamping itu mungkin dikarenakan bentuk penampang rangka sepeda yang *round square* tidak cukup kaku untuk menahan momen puntir. Sehingga menyebabkan sepeda tidak stabil saat dikendarai khususnya pada saat berbelok.

Untuk itupada tugas akhir ini dilakukan perubahan geometri dan profil rangka yang dititik beratkan pada rangka utama berbentuk S. Selanjutnya rangka dianalisa keergonomiannya dengan menggunakan RULA serta dianalisa kekuatannya dengan bantuan software CATIA V5R20. Diharapkan dari rancangan ini dapat diketahui bentuk rangka yang sesuai dengan kebutuhan civitas akademika ITS, yaitu rangka sepeda yang aman dan kuat serta nyaman saat dikendarai oleh civitas akademika ITS, baik laki-laki maupun perempuan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan yaitu bagaimana mengembangkan rangka sepeda ITS yang aman dan nyaman, dapat digunakan oleh civitas akademika di ITS.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Rancangan dilakukan hanya pada rangka utama berbentuk S (*main tube*).
- b. Komponen standar dan rangka lainnya tidak di desain ulang.

### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan yang ini dicapai dari penulisan tugas akhir ini yaitu merancang dan mengembangkan sepeda ITS yang aman dan nyaman digunakan oleh civitas akademika ITS.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

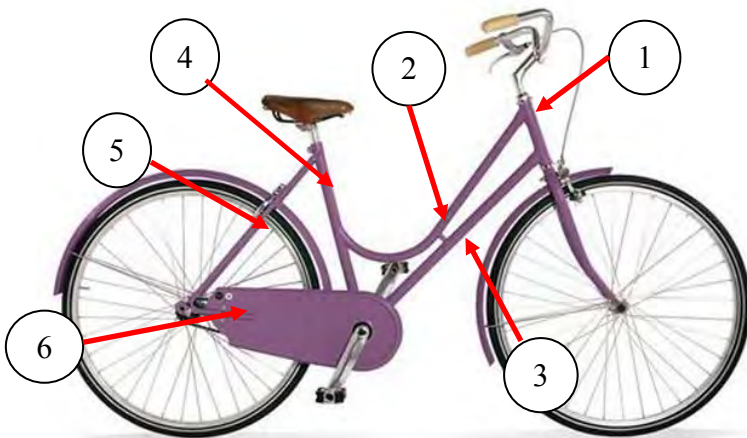
1. Memberikan gambaran sepeda yang dapat digunakan oleh civitas akademika ITS.
2. Dengan desain sepeda yang menarik dapat meningkatkan minat civitas akademika ITS untuk bersepeda dikampus dan mendukung program ITS sebagai *green campus*.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Sepeda Kota (*City Bike*)

Sepeda mempunyai rangka yang berfungsi untuk menopang sepeda agar dapat digunakan sesuai rancangannya. Rangka sepeda sangat menentukan kekuatan sepeda dan tingkat kenyamanan dari sepeda. Rangka pada sepeda berfungsi sebagai tempat dipasangnya komponen-komponen lain, seperti roda, rantai, dan lain lain. Rangka utama sepeda kota dan bagian-bagian utama dari sepeda kota dapat dilihat seperti pada gambar 2.1 :



**Gambar 2.1** Bagian utama rangka sepeda kota [Polygon, 2014]

Bentuk sepeda kota seperti terlihat pada gambar 2.1, memiliki bagian-bagian rangka sepeda tertentu dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. **Head Tube** : Bagian rangka sepeda yang terdapat *handle bar* sepeda pada bagian atas dan garpu roda sepeda.
2. **Top Tube** : Bagian rangka sepeda yang menghubungkan *head tube* dan *seat tube*
3. **Down Tube** : Bagian rangka sepeda yang menghubungkan *head tube* dan pedal sepeda
4. **Seat Tube** : Bagian rangka sepeda yang berfungsi menyangga sadel sepeda
5. **Seat Stay** : Bagian rangka sepeda yang menghubungkan bagian atas seat tube dengan roda belakang sepeda
6. **Chain Stay** : Bagian rangka sepeda yang menghubungkan pedal sepeda dengan roda belakang sepeda

Pada dasarnya sepeda kota digunakan untuk bersepeda santai dan nyaman, serta tidak mengeluarkan energi terlalu banyak. Hanya saja pada sepeda kota, bentuk dan geometri *frame* mengharuskan posisi duduk pengendara membentuk sudut  $90^0$ . Pada posisi ini membuat sepeda lebih berat untuk dikendarai. Lebih berat yang dimaksud adalah membutuhkan energi yang lebih besar untuk mengayuh. Pengembangan sepeda kota saat ini mulai beraneka ragam, mulai jenis sepeda lipat dengan geometri *frame* yang lebih kecil, sehingga mudah di lipat. Hingga sepeda listrik yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak.

## 2.2 Karakteristik Rangka Sepeda

Seiring dengan berkembangnya teknologi, maka berkembang pula karakteristik dari rangka sepeda. Karakteristik rangka terdiri dari tebal rangka, bentuk profil dan material rangka yang digunakan. Karakteristik setiap sepeda berbeda- beda, tergantung dari jenis sepedanya, dan yang pasti juga berpengaruh terhadap harga dari sepeda tersebut.

### 2.2.1 Bentuk Profil dan Tegangan Bending Rangka

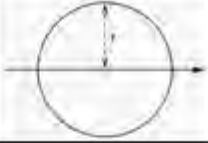
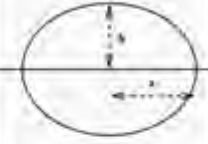
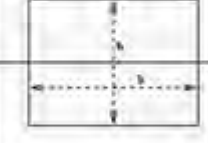

Secara umum profil rangka sepeda adalah lingkaran, profil rangka ini paling banyak digunakan karena proses manufakturnya yang mudah. Namun selain lingkaran juga terdapat profil seperti oval, segitiga dan kotak. Yang membedakan dari bentuk profile ini adalah dari segi tegangan bending dan proses manufaktur. Untuk mengetahui jenis profil yang lebih baik maka harus diketahui terlebih dahulu tegangan bending yang terjadi pada profil. Berikut adalah persamaan dasar mencari tegangan bending.

$$\sigma_b = \frac{My}{I} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:  $\sigma_b$  : Tegangan bending  
M : Moment  
y : Jarak dari sumbu netral ke tegangan normal  
I : Moment inersia

Dimana momen inersia untuk setiap profil berbeda- beda, berikut momen inersia pada setiap profil bantuk rangka dijabarkan pada tabel 2.1.[Mekanika Teknik, 2007]



No	Profil	Momen Inersia
1		$I_x = \frac{\pi}{4} r^4 \quad I_z = \frac{\pi}{2} r^4$ $I_y = \frac{\pi}{4} r^4$
2		$I_z = \frac{\pi}{4} ab^3$ $I_y = \frac{\pi}{4} a^3 b$
3		$I_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_y = \frac{b^3 h}{12}$
4		$I_0 = \frac{bh^3}{36}$

**Tabel 2.1** Momen Inersia Profil Lingkaran, Oval, Kotak Dan Segitiga

### 2.3 Analisa Beban dan Tegangan

Masalah-masalah yang timbul dalam dunia teknik biasanya mengharuskan para perancang atau perekayasa untuk memperhatikan dan memperhitungkan adanya tegangan-tegangan

(*stresses*) dan kekuatan (*strength*). Secara umum langkah-langkah yang harus dilakukan pada analisa tegangan adalah:

- a. Memperhatikan beban-beban (*loads*) luar yang bekerja pada suatu struktur.
- b. Memperhatikan beban-beban (*loads*) yang bekerja pada bagian-bagian suatu struktur.
- c. Menentukan lokasi kritis dari struktur tersebut.
- d. Menghitung besar beban yang bekerja pada daerah kritis tersebut.

Setelah melengkapi urutan langkah tersebut maka langkah selanjutnya adalah menentukan tegangan-tegangan lokal yang mungkin menimbulkan kegagalan baik kegagalan statik maupun yang mengarah pada kerusakan karena lelah (*fatigue fracture*), atau kemungkinan terjadinya rangkai-an (*creep*) dan sebagainya.

Cara/metode yang sangat fundamental untuk menganalisa seperti diuraikan di atas adalah “*free body diagram*”. Disamping itu perhitungan-perhitungan yang timbul biasanya dinyatakan dalam tegangan rata-rata (*average stress*) dan kemudian dibandingkan dengan kekuatan materialnya yang didapat dari tes standar material.

## 2.4 Teori- Teori Kegagalan

Kegagalan dari suatu elemen mesin yang menerima pembebanan dinyatakan apabila elemen tersebut tidak dapat berfungsi lagi dengan baik sesuai dengan fungsinya. Oleh sebab itu perlu diberikan kriteria- kriteria kapan elemen mesin tersebut dapat dikatakan gagal. Secara umum untuk pembebanan static terdapat dua tipe kriteria, yaitu:

1. Distorsi (*distorsion*) atau deformasi plastis (*plastic strain*)

Deformasi plastik adalah perubahan bentuk yang merupakan kelanjutan dari deformasi elastik yang bersifat permanen meskipun tegangan dihilangkan. Elemen dinyatakan gagal apabila material dari elemen mesin tersebut sudah mengalami deformasi plastic karena sudah

melewati harga batas tertentu. Harga batas ini adalah tegangan atau luluh (*yield point*) material. Atau jika material tidak memiliki data *yield point*, maka dapat digunakan standar 0.2 *offset yield point*

## 2. Patah/ rusak (*fracture*)

Kegagalan ini dinyatakan apabila material dari elemen mesin tersebut sudah patah atau terpisah menjadi dua bagian atau lebih. Untuk tipe kegagalan ini dipergunakan batas harga tegangan maksimum (tarik maupun tekan) yang diijinkan pada material. Untuk pembebanan dinamik atau beban siklik kriteria kegagalan untuk pembebanan statik dapat dipergunakan, sedangkan pada prediksi keadaan tegangan dikombinasikan dengan *fatigue* limitnya.

### 2.4.1 Teori- Teori Kegagalan Statik

Teori- teori kegagalan statik adalah suatu teori yang menjelaskan kegagalan pada suatu spesimen tes standar. Jika luluh terjadi, maka ini mungkin disebabkan oleh beban yang melebihi kapasitas kemampuan dari materialnya, yang terdiri dari masing-masing kapasitas bertahan terhadap tegangan normal, tegangan geser, regangan normal, regangan geser, kapasitas menyerap energi regangan dan kapasitas untuk menyerap distorsi energi. Hasil-hasil dari tes standar digunakan untuk mengaplikasikan besar kapasitas yang dipilih. Jadi, jika dari tes tarik standar diketahui suatu material mempunyai kekuatan luluh misalnya 100 ksi, maka asumsi harus selalu diambil bahwa material tersebut akan luluh bila menerima sembarang kombinasi-kombinasi pembebanan statik yang mana bisa salah satu dari kondisi berikut, jika:

- a) Tegangan normal maksimum melebihi 100 ksi  
tegangan geser maksimum melebihi 50 ksi
- b) Regangan normal maksimum melebihi harga maksimum yang dimiliki material

- c) Energi regangan total maksimum melebihi harga yang dimiliki material
- d) Distorsi energi maksimum melebihi harga yang dimiliki material.

## 2.4.2 Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum (*Maximum Shear Stress Theory*)

Ide tentang tegangan geser yang berperan dalam menimbulkan kegagalan pertama kali diperankan oleh ilmuwan Perancis, Coulomb (1376-1806). Formula kriteria tegangan geser maksimum dipublikasikan oleh Tresca (1864) dan Guest (1900) membuktikan lewat eksperimen. Sehingga teori ini sering disebut teori Tresca atau Guest law. Teori ini khusus untuk material yang ulet dengan dasar bahwa kegagalan terjadi bila tegangan geser maksimum yang terjadi, melewati harga tegangan geser yang diijinkan pada material.

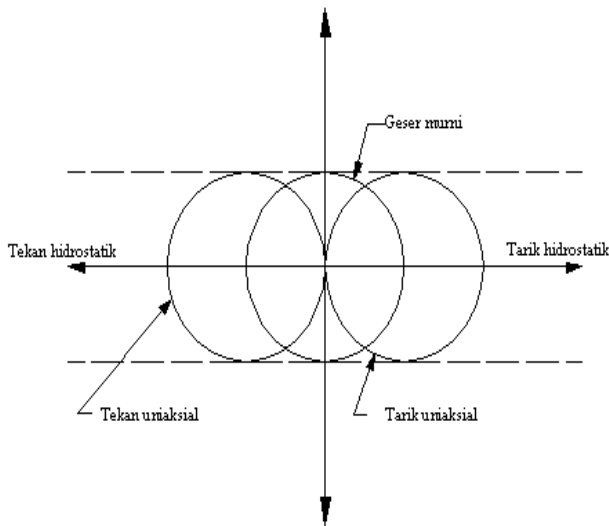
$$\tau_{\max} \leq \frac{\tau_{ys}}{N} \dots\dots\dots$$

..... (2.2) atau

$$\tau_{\max} \leq \frac{\tau_{us}}{N} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- $\tau_{\max}$  = tegangan maksimum yang terjadi
- $\tau_{ys}$  = tegangan yield
- $\tau_{us}$  = tegangan ultimate
- N = faktor keamanan



**Gambar 2.2** Lingkaran Mohr Prinsipal sebagai dasar teori kegagalan tegangan geser maksimum [Deutschman, 1975]

Gambar diatas menunjukkan kondisi tegangan dengan metode grafis lingkaran mohr. Batas- batas dari semua lingkaran Mohr. Batas- batas dari semua lingkaran Mohr principal tidak menunjukkan kegagalan pada arah garis horizontal  $\pm \tau_{ys}$  ataupun  $\pm \tau_{us}$ . Teori ini memprediksi bahwa kegagalan tidak terjadi oleh tegangan hidrostatik murni.

## 2.5 Faktor Keamanan (Safety Factor)

Faktor keamanan merupakan rasio dari tegangan maksimum dengan tegangan kerja atau desain, yang secara matematis dapat dituliskan pada persamaan berikut :

$$FaktorKeamanan = \frac{Tegangan Maksimum}{Tegangan Kerja atau Desain}$$

.....(2.4)

Pada kasus material yang ulet misalnya baja lunak dimana tegangan luluhnya telah diketahui maka, faktor keamanan adalah :

$$FaktorKeamanan = \frac{Tegangan luluh}{Tegangan Kerja atau Desain}$$

.....(2.5)

Sedangkan pada material yang getas misalnya besi tuang, dimana tegangan luluhnya sulit diprediksi maka, faktor keamanannya diambil dari tegangan maksimum (Ultimate Strength) material sebagai berikut :

$$FaktorKeamanan = \frac{Ultimate Strength}{Tegangan Kerja atau Desain}$$

.....(2.6)

Yang perlu diperhatikan adalah bahwa seluruh persamaan tersebut diatas hanya berlaku pada pembebanan statis.

### 2.5.1 Penentuan Faktor Keamanan

Penentuan besarnya faktor keamanan yang sesuai tergantung pada beberapa pertimbangan antara lain material, proses pembuatan, tipe pembebanan, kondisi kerja dan betuk komponen. Berikut merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan faktor keamanan yaitu:

1. Ketahanan sifat-sifat pada material selama proses pembebanan.
2. Kehandalan pada saat menerima pembebanan.

3. Tingkat pembebanan.
4. Tingkat kurangnya umur komponen saat terjadi kegagalan.
5. Kerugian material bila terjadi kegagalan.

Penentuan faktor keamanan haruslah cermat karena tingginya faktor keamanan akan menyebabkan besarnya dimensi komponen dan borosnya material dilain pihak faktor keamanan yang rendah menyebabkan besarnya resiko yang tidak diinginkan.

**Tabel 2.2** Faktor keamanan pada material yang sering dipergunakan. [handbook of material]

<i>Material</i>	<i>Steady Load</i>	<i>Live Load</i>	<i>Shock Load</i>
Besi Tuang	5-6	8-12	16-20
<i>Besi Tempa</i>	4	7	10-15
<i>Baja</i>	4	8	12-16
<i>Material lunak dan paduan</i>	6	9	15
<i>Kulit</i>	9	12	15
<i>Kayu</i>	7	10-15	20

## 2.6 Analisa Resiko Cedera Dengan Metode RULA

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah suatu metode penilaian terhadap bagian tubuh dan otot seseorang saat beraktivitas, yang diukur dengan tingkat risiko cedera (degree of injury risk). Resiko yang dimaksud adalah resiko kecelakaan atau cedera tubuh atau otot, akibat dari bagian tubuh bergerak, karena tidak sesuai dengan pola gerak yang benar disebut sebagai gerak bagian tubuh yang tidak ergonomis. Menurut [McAtamney, 93], untuk menerapkan metode RULA pada gerak atau kerja tubuh ada 3 (tiga) langkah yang perlu dilakukan, seperti terlihat pada tabel berikut:



**Tabel 2.3** Tahapan Aplikasi Metode RULA [McAtamney, 93]

LANGKAH	URAIAN
1	Penilaian postur kerja tubuh
2	Penilaian kelompok postur kerja tubuh
3	Penjumlahan nilai total

### 2.6.1 Penilaian Postur Kerja Tubuh

Untuk menghasilkan sebuah metode kerja yang cepat untuk digunakan, tubuh dibagi dalam segmen-segmen yang membentuk dua kelompok atau grup yaitu grup A dan B. Grup A meliputi bagian lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, punggung, dan kaki. Hal ini untuk memastikan bahwa seluruh postur tubuh terekam, sehingga segala kejanggalan atau batasan postur oleh kaki, punggung atau leher yang mungkin saja mempengaruhi postur anggota tubuh bagian atas dapat tercakup dalam penilaian.

1. Group A. Bagian Lengan Bawah Atas, Lengan Bagian Bawah dan Pergelangan Tangan.

**Tabel 2.4** Tabel RULA Bagian A [McAtamney, 93]

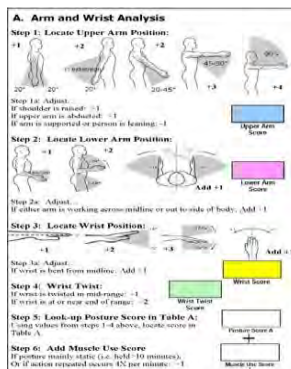


		Table A: Wrist Posture Score							
		1		2		3		4	
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
		2	2	2	2	3	3	3	3
		3	2	3	3	3	3	4	4
2	1	1	2	3	3	3	3	4	4
		2	3	3	3	3	4	4	4
		3	3	4	4	4	4	5	5
3	1	1	3	3	4	4	4	5	5
		2	3	4	4	4	4	5	5
		3	4	4	4	4	4	5	5
4	1	1	4	4	4	4	5	5	5
		2	4	4	4	4	5	5	5
		3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	1	5	5	5	5	6	6	7
		2	5	6	6	6	6	7	7
		3	6	6	7	7	7	7	8
6	1	1	7	7	7	7	8	8	9
		2	8	8	8	8	9	9	9
		3	9	9	9	9	9	9	9

Jangkauan untuk gerakan lengan atas (*upper arm*) nilainya adalah:

- 1 untuk ekstensi 20° dan fleksi 20°
- 2 untuk ekstensi lebih dari 20° atau fleksi antara 20-45°;
- 3 untuk fleksi antara 45-90°;
- 4 untuk fleksi lebih dari 90°.

## 2. Group B. Bagian Leher, Punggung dan Kaki

**B. Neck, Trunk and Leg Analysis**

**Step 9: Locate Neck Position:**

+1 0-10° +2 10-20° +3 20-30° +4 30-40°

Step 9a: Adjust...  
 If neck is twisted: +1  
 If neck is side bending: -1

**Neck Score:**

**Step 10: Locate Trunk Position:**

+1 0° +2 0-20° +3 20-40° +4 40-60°

Step 10a: Adjust...  
 If trunk is twisted: +1  
 If trunk is side bending: -1

**Trunk Score:**

**Step 11: Legs:**  
 If legs and feet are supported: -1  
 If not: +2

**Leg Score:**

Feet	Posture					
	Legs		Legs		Legs	
Score	1	2	1	2	1	2
1	1	2	3	4	5	6
2	2	3	2	3	4	5
3	3	3	3	4	4	5
4	4	5	5	6	7	7
5	5	6	6	7	7	8
6	6	7	7	7	8	8
7	7	8	8	8	9	9
8	8	8	8	8	9	9

**Step 12: Look-up Posture Score in Table B:**  
 (Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B)

**Step 13: Add Muscle Use Score**  
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes): -0  
 Or if action repeated occurs 4X per minute: -1

**Step 14: Add Force/Load Score**  
 If load < 4.4 lbs (intermittent): -0  
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1  
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2  
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

**Step 15: Find Column in Table C**  
 Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C:

**Posture Score B:**

**Muscle Use Score:**

**Force/Load Score:**

**Neck, Trunk & Leg Score:**

**Tabel 2.5** Tabel RULA Bagian B[McAtamney, 93]

Sebagai tambahan, jika leher (*neck*) dipuntir nilai bertambah

1. Jika leher bergerak menyamping, maka nilai ditambah 1. Nilai yang didapatkan akan dimasukkan pada tabel B pada kolom leher.

## 2.6.2 Penilaian Kelompok Postur Kerja Tubuh

Setelah dilakukan penilaian postur kerja tubuh, dilakukan penilaian kelompok A dan B. Hal ini dapat dilakukan dengan diagram penilaian kelompok postur kerja tubuh seperti yang terlihat pada tabel 2.6 (a dan b) :

**Tabel 2.6a.**Tabel Penilaian Kelompok A[McAtamney, 93]

Upper Arm	Lower Arm	Wrist							
		1		2		3		4	
		Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

**Tabel 2.6b.** Tabel Penilaian Kelompok B [McAtamney, 93]

Neck	<i>Trunk Postur Score</i>											
	1		2		3		4		5		6	
	<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Disamping penilaian diatas, perlu dievaluasi beban pada otot dan adanya beban dari luar.

### 2.6.3 Penjumlahan Nilai Total

Dengan diagram seperti gambar 2.3 dapat diketahui nilai total dari seluruh aktivitas tubuh. Dari hasil tabel A dan B, kemudian ditempatkan pada tabel C, seperti tabel 2.7 dibawah ini:

**Tabel 2.7** Tabel RULA bagian C [McAtamney, 93]

Table C: Neck, trunk and leg score												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Wrist and Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5				
	2	2	2	3	4	4	5	5				
	3	3	3	3	4	4	5	6				
	4	3	3	3	4	5	6	6				
	5	4	4	4	5	6	7	7				
	6	4	4	5	6	6	7	7				
	7	5	5	6	6	7	7	7				
	8+	5	5	6	7	7	7	7				

Bagaimana analisa resiko tubuh saat beraktivitas dapat diketahui dari nilai akhir yang didapat dari tabel 2.7, yaitu tabel RULA bagian C. Berikut adalah penjelasan nilai dari tabel 2.5, seperti yang terlihat pada tabel 2.6

**Tabel 2.8**Nilai Tingkat Resiko Cedera[McAtamney, 93]

<b>Dibebankan</b>	<b>Keterangan</b>
1 dan 2	Diterima selama tidak dijaga atau berulang untuk waktu yang lama.
3	Diterima namun dibutuhkan penyelidikan lebih jauh
4	Dibutuhkan penyelidikan lebih jauh dan mungkin saja perubahan diperlukan
5 dan 6	Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan segera
7	Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan sesegera mungkin (mendesak)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

---

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Langkah - Langkah Penelitian**

Dalam pengembangan rangka sepeda ITS dilakukan berdasarkan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur dan lapangan.
2. Perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian.
3. Pengembangan konsep rangka.
4. Analisa ergonomi
5. Analisa kekuatan material rangka.
6. Gambar detail rancangan
7. Perancangan Proses Manufaktur dan Perakitan Rangka
8. Perakitan Rancangan Sepeda
9. Kesimpulan dan saran.

##### **3.1.1 Studi Literatur dan Lapangan**

Studi literatur ini dilakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan materi dengan mempelajari beberapa buku, ebook, artikel, jurnal yang ada kaitannya dengan perancangan dan pengembangan produk. Serta mempelajari *software* program *CATIA* dan perhitungan metode RULA.

Pada tahap ini studi lapangan dilakukan dengan pengumpulan data mengenai sepeda ITS yang dirancang dan dikembangkan oleh Rudy Andrean [2014]. Studi lapangan dilakukan dengan cara mengamati serta menggunakan langsung sepeda ITS. Pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi terhadap sepeda ITS rancang bangun oleh saudara Rudy Andrean [2014].

##### **3.1.2 Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan Penelitian**

Mengamati dan mempelajari desain sepeda beserta komponen-komponennya. Melakukan analisa pada sepeda, yaitu

mencari kelemahan ataupun hal yang menyebabkan desainnya kurang efisien, kemudian menetapkan tujuan penelitian. Dalam hal ini yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah sepeda hasil rancangan *Rudy Andrean 2014*.

### **3.1.3 Pengembangan Konsep Rangka**

Pengembangan konsep rangka sepeda ITS dilakukan dengan merancang ulang desain rangka berbentuk S pada rangka utama (*maintube*) sepeda yang ada saat ini dengan mempertimbangkan aspek kekuatan material pada rangka sepeda ITS.

### **3.1.4 Analisa Ergonomi**

Setelah dilakukan perancangan desain rangka sepeda ITS dengan menggunakan software CATIA, dilakukan analisa ergonomi dengan menggunakan metode RULA.

### **3.1.5 Analisa Kekuatan Material Rangka**

Setelah mendapatkan rancangan desain baru dengan nilai ergonomi yang cukup ideal (nilai RULA 2-3), tahapan ini dilanjutkan dengan perhitungan kekuatan material pada rangka yang menerima beban maksimal, perhitungan dilakukan secara manual. Disamping itu dilakukan juga analisa tegangan material dengan simulasi menggunakan software CATIA V5R20.

### **3.1.6 Gambar Detail Rancangan**

Setelah dilakukan analisa tegangan material rangka, dilakukan pembuatan gambar detail rangka lengkap dengan spesifikasinya

### **3.1.7 Perancangan Proses Manufaktur dan Perakitan Rangka**

Setelah dilakukan perancangan secara detail, maka pada tahap ini akan direncanakan proses perancangan dan perakitan sepeda. Perencanaan proses yang dimaksud meliputi:



- 
- Merencanakan proses manufaktur rangka sepeda
  - Merencanakan proses *assembly* rangka sepeda

### **3.1.8 Perakitan Rancangan Sepeda**

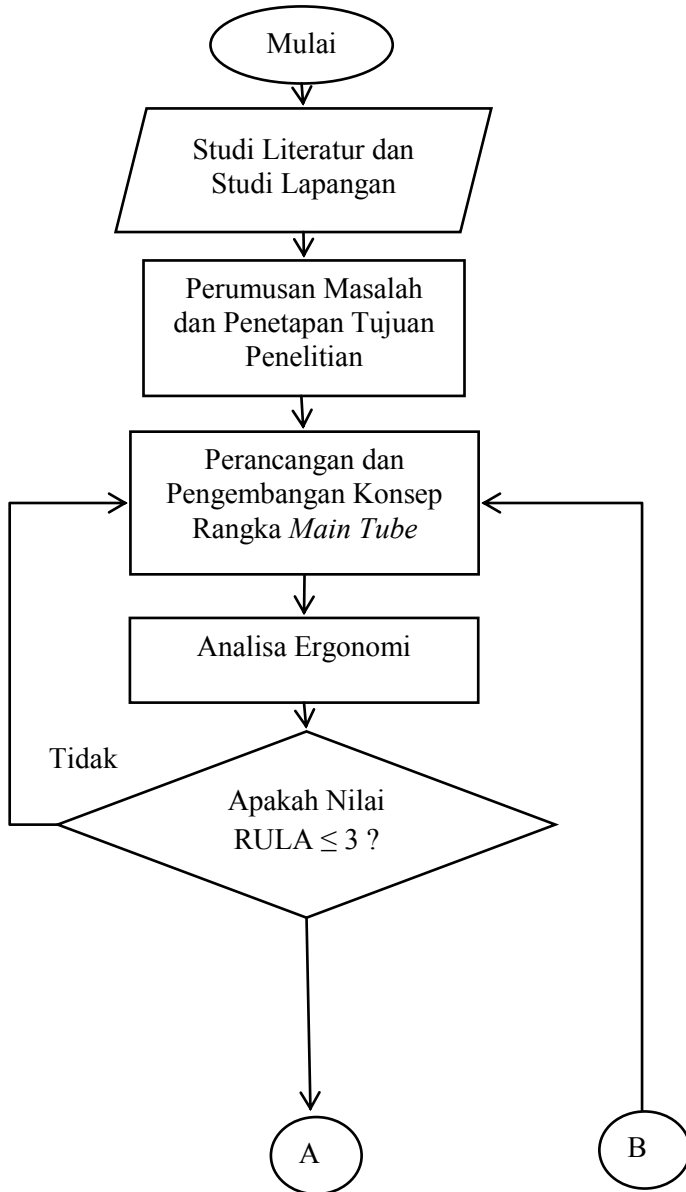
Setelah rangka dibuat dan dirakit, perakitan sepeda ITS dilakukan dengan melengkapi rangka dengan bagian- bagian pelengkap yang digunakan sepeda, seperti ban, setang, sadel, dsb, sehingga menjadi sebuah prototype sepeda ITS.

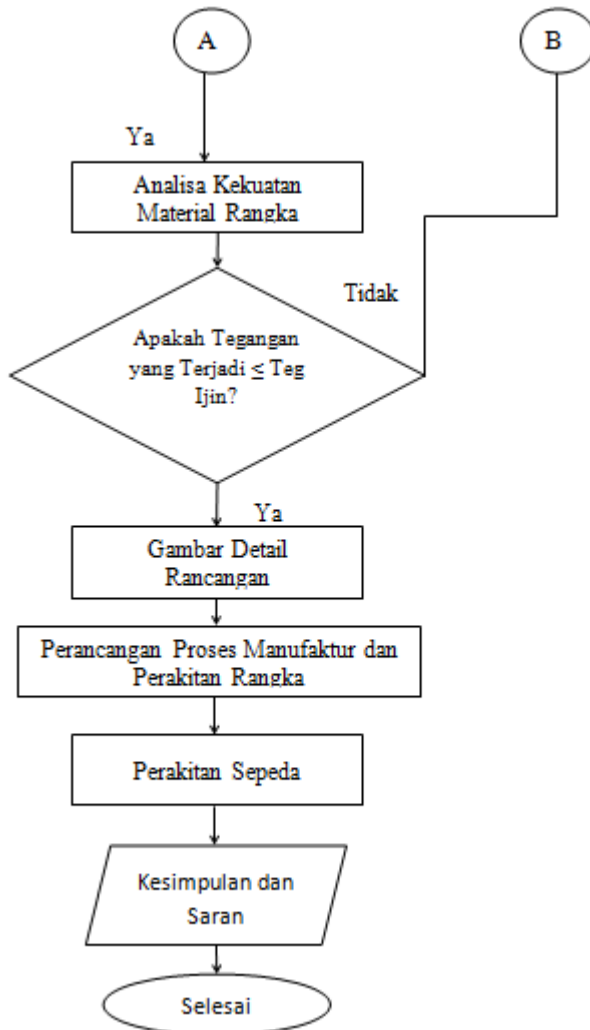
### **3.1.9 Kesimpulan dan Saran**

Mengambil kesimpulan dari setiap analisa yang dilakukan mulai dari awal sampai akhir penelitian. Jika di analisa ada yang perlu diperbaiki, akan dibuatkan usulan atau saran.

### **3.2 Diagram Alir Penelitian**

Untuk menjelaskan langkah- langkah penelitian agar lebih sistematis, maka dibuat diagram alir penelitian, seperti gambar 3.1 di bawah ini.





**Gambar 3.1.**Diagram Alir Perancangan

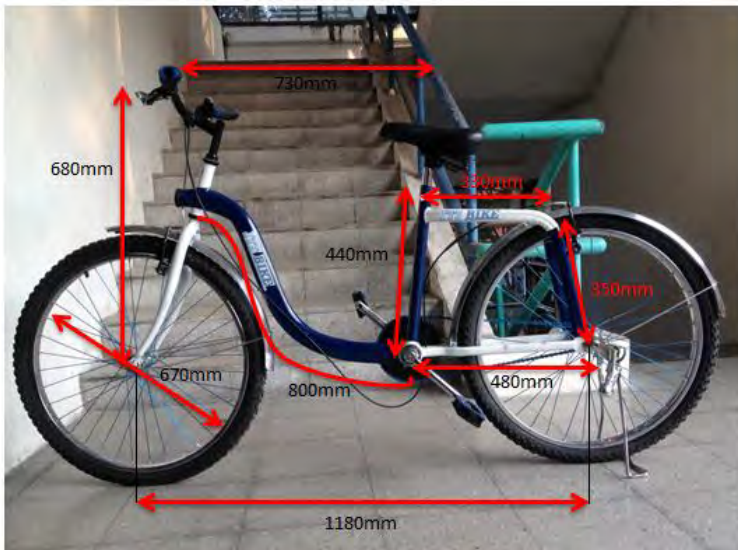
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV

### PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA ITS

#### 4.1 Kajian Sepeda ITS Yang Ada

Seperti terlihat pada gambar 4.1, sebuah sepeda yang khusus dirancang untuk dapat digunakan oleh civitas akademika ITS.

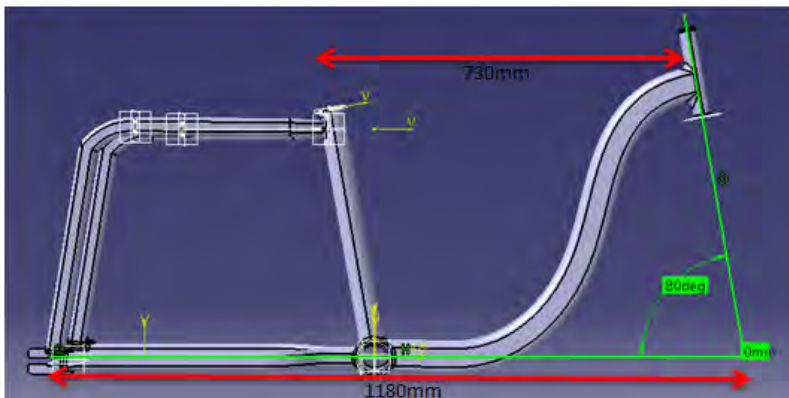


**Gambar 4.1.** Sepeda ITS hasil karya Rudy Andrean tahun 2014 [Rudy, 2014]

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rudy Andrean [2014], yaitu Pengembangan Sepeda Multigender Untuk Civitas Akademika ITS, diketahui bahwa rangka utama berbentuk S dengan profil *round square*, serta sudut pada garpu sebesar  $80^\circ$  dan jarak *wheelbase* 1180mm, seperti terlihat pada gambar 4.2.

Dari hasil pengukuran geometri rangka sepeda dapat diketahui sudut *headtube*, yaitu sudut yang terbentuk antara garis

tengah pipa depan (*headtube*) terhadap garis horizontal adalah  $80^\circ$ . Sudut tersebut masih sangat besar yang menyebabkan jarak antara sadel (tempat duduk) dan stang (*steer*) terlalu jauh, yaitu 730 mm untuk ukuran tubuh orang Indonesia. Hal tersebut tampak pada hasil pengukuran posisi anggota tubuh dengan menggunakan goniometer untuk menganalisa aspek ergonomi sepeda, dimana hasil uji ergonomi menunjukkan bahwa responden yang memiliki tinggi 148cm masih tidak nyaman dalam mengendarai sepeda, yaitu nilai RULAny sama dengan 4.



**Gambar 4.2.** Sudut *headtube* sebesar  $80^\circ$

Hasil uji fungsi sepeda menunjukkan, bahwa sepeda masih tidak nyaman dan aman pada saat berbelok. Hal ini mungkin dikarenakan pada bentuk penampang (profil) rangka sepeda tersebut tidak untuk mampu menahan momen puntir, sehingga menyebabkan sepeda tidak stabil saat dikendarai berbelok.

Untuk itu dilakukan perubahan geometri dan profil rangka utama sepeda agar kuat menahan beban pengendara, dengan merubah sudut *headtube*, yaitu sudut yang dibentuk antara pipa depan sepeda ke garpu dari  $80^\circ$  menjadi  $74^\circ$ , agar menjadi lebih stabil saat dikendarai.

---

## 4.2 Pengembangan Konsep Rangka Sepeda ITS

Untuk melakukan pengembangan konsep rangka sepeda, dilakukan studi literatur tentang bentuk *frame* dan bagian- bagian komponen sepeda, juga geometri rangka, posisi yang nyaman saat bersepeda. Juga informasi lain dari buku- buku referensi dan referensi ukuran sepeda yang ada di pasaran dengan konsep sepeda yang dirancang sebagai referensi. Berikut diberikan informasi dimensi sepeda, seperti yang terlihat pada tabel ukuran sepeda pria dan wanita 4.1 dan 4.2.

**Tabel 4.1** *Spesifikasi* sepeda wanita dan pria yang ada [Giant-bicycle.com]

No	Geometri Rangka Sepeda	Ukuran
1.	<i>Head Angle</i>	70°
2	<i>Seat Angle</i>	74°
3	<i>Top tube</i>	56.13 cm
4	<i>Head Tube</i>	15.49 cm
5	<i>Chain Stay</i>	45.21 cm
6	<i>Wheelbase</i>	106.42 cm
7	<i>Stand over height</i>	57.65 cm

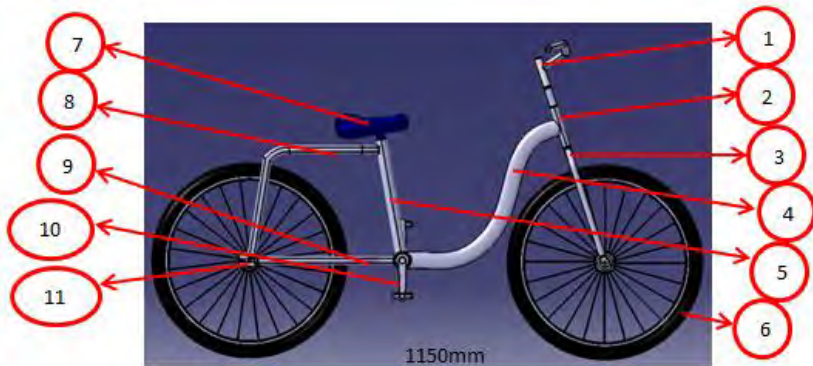
**Tabel 4.2** *Spesifikasi* Sepeda Pria [Giant-bicycle.com]

No	Geometri Rangka Sepeda	Ukuran
1.	<i>Head Angle</i>	71°
2	<i>Seat Angle</i>	73°
3	<i>Top tube</i>	58.42 cm
4	<i>Head Tube</i>	13.97 cm
5	<i>Chain Stay</i>	45.21 cm
6	<i>Wheelbase</i>	108.2 cm
7	<i>Stand over height</i>	73.66 cm

### 4.3 Perancangan Rangka

#### 4.3.1 Geometri Rangka

Setelah studi lapangan dan evaluasi yang telah dilakukan, maka dilakukan perancangan ulang desain rangka utama sepeda dengan mempertimbangkan aspek ergonomi dan kekuatan material. Sepeda dan nomor serta bagiannya secara umum, seperti terlihat pada gambar 4.3 :



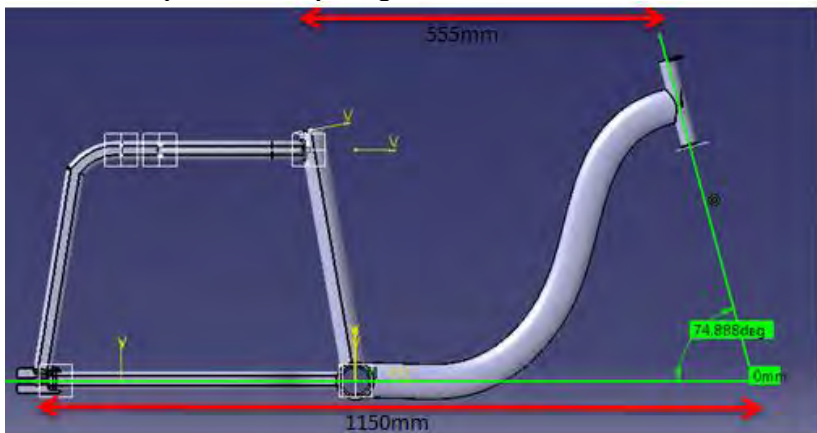
**Gambar 4.3.** Rancangan sepeda ITS

Keterangan :

1. Stang (*steer*)
2. *Headtube*
3. Garpu
4. *Main tube*
5. *Seat tube*
6. Ban
7. Sadel
8. *Seat stay*
9. *Chain stay*
10. Pedal
11. *Rear end*



Sebagai langkah awal dilakukan perubahan sudut dari *head tube* dari  $80^\circ$  menjadi  $74^\circ$ , akibat dari perubahan tersebut adalah pendekatan jarak sadel dengan stang, yang semula adalah 730 mm menjadi 555 mm, dimana jarak antara *wheelbase* yang semula 1180 mm menjadi 1150 mm. Perubahan jarak tersebut dapat menambah kestabilan sepeda disamping adanya perubahan profil pipa utama. Disamping itu perubahan jarak antara sadel dengan stang yang lebih pendek dapat menambah keergonomisan pengendara saat menaiki sepeda, khususnya orang Indonesia. Seperti terlihat pada gambar 4.4.



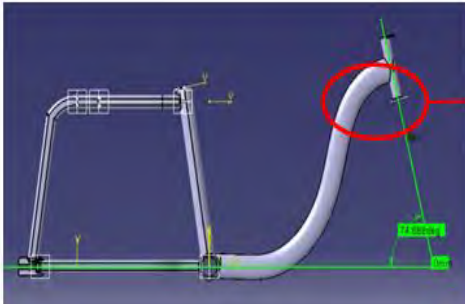
**Gambar 4.4.** Rancangan sudut *head tube* sebesar  $74^\circ$

#### 4.3.2 Profil (Penampang) Rangka Utama

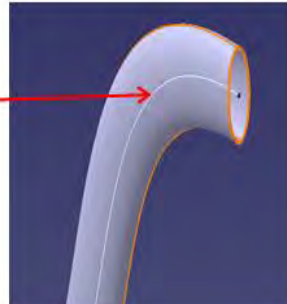
Sebagai langkah awal dilakukan perubahan sudut dari *head tube* dari  $80^\circ$  menjadi  $74^\circ$ , akibat dari perubahan tersebut adalah pendekatan jarak sadel dengan stang, yang semula adalah 730 mm menjadi 555 mm, dimana jarak antara *wheelbase* yang semula 1180 mm menjadi 1150 mm. Perubahan jarak tersebut dapat menambah kestabilan sepeda disamping adanya perubahan profil pipa utama. Disamping itu perubahan jarak antara sadel dengan stang yang lebih pendek dapat menambah keergonomisan pengendara saat menaiki sepeda, khususnya orang Indonesia. Seperti terlihat pada gambar 4.4.

Sebagai langkah awal dilakukan perubahan sudut dari *head tube* dari  $80^\circ$  menjadi  $74^\circ$ , akibat dari perubahan tersebut adalah pendekatan jarak sadel dengan stang, yang semula adalah 730 mm menjadi 555 mm, dimana jarak antara *wheelbase* yang semula 1180 mm menjadi 1150 mm. Perubahan jarak tersebut dapat menambah kestabilan sepeda disamping adanya perubahan profil pipa utama. Disamping itu perubahan jarak antara sadel dengan stang yang lebih pendek dapat menambah keergonomisan pengendara saat menaiki sepeda, khususnya orang Indonesia. Seperti terlihat pada gambar 4.4.

Sebagai langkah awal dilakukan perubahan sudut dari *head tube* dari  $80^\circ$  menjadi  $74^\circ$ , akibat dari perubahan tersebut adalah pendekatan jarak sadel dengan stang, yang semula adalah 730 mm menjadi 555 mm, dimana jarak antara *wheelbase* yang semula 1180 mm menjadi 1150 mm. Perubahan jarak tersebut dapat menambah kestabilan sepeda disamping adanya perubahan profil pipa utama. Disamping itu perubahan jarak antara sadel dengan stang yang lebih pendek dapat menambah keergonomisan pengendara saat menaiki sepeda, khususnya orang Indonesia. Seperti terlihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4.5a.** Rancangan baru rangka sepeda ITS

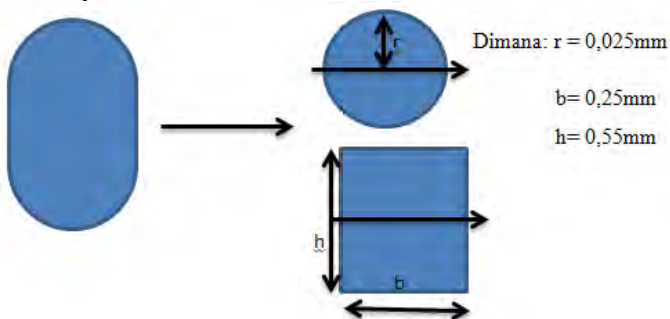


**Gambar 4.5b.** Profil pipa rangka utama berbentuk elips

### 4.3.3 Perhitungan Momen Inersia

Pada rangka utama perubahan rancangan dilakukan pada bentuk profil pipa, yaitu profil pipa dirancang berbentuk ellips. Hal itu dimaksudkan agar lebih kaku untuk menahan momen puntir yang terjadi pada saat berkendara berbelok. Pemilihan ini dilakukan karena dari hasil perhitungan momen inersia, profile ellips memiliki momen inersia paling besar. Perhitungan momen inersia dilakukan dengan menggunakan persamaan pada tabel 2.1 seperti dibawah ini.

Perhitungan momen inersia untuk penampang *Roundsquare*:



untuk lingkaran :

$$I_x = \frac{\pi}{4} \times r^4$$

$$I_x = \frac{\pi}{4} \times 0,025^4$$

$$I_x = 3,066 \times 10^{-7}$$

untuk persegi :

$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_x = \frac{0,25 \times 0,55^3}{12}$$

$$I_x = \frac{0,04159}{12}$$

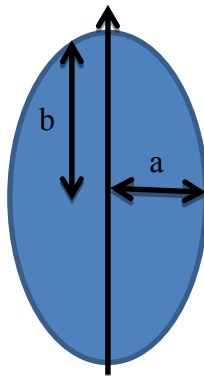
$$I_x = 1,466 \times 10^{-3}$$

Hasil penjumlahan

$$I_x = 3,066 \times 10^{-7} + 1,466 \times 10^{-3}$$

$$I_x = 1,466 \times 10^{-3}$$

Perhitungan momen inersia untuk penampang ellips :



Dimana :  $a = 0.125\text{m}$   
 $b = 0.275\text{m}$

$$I_x = \frac{1}{4} \times \pi \times a \times b^3$$

$$I_x = \frac{1}{4} \times \pi \times 0.125m \times 0.275^3 m$$

$$I_x = 2.0407 \times 10^{-3}$$

Dari hasil perhitungan momen inersia untuk penampang *roundsquare* dan penampang *ellips* maka dapat disimpulkan bahwa  $I_{x\text{ellips}} > I_{x\text{roundsquare}}$ , maka rancangan bentuk penampang *ellips* lebih kaku dan selanjutnya dapat digunakan untuk rangka sepeda.

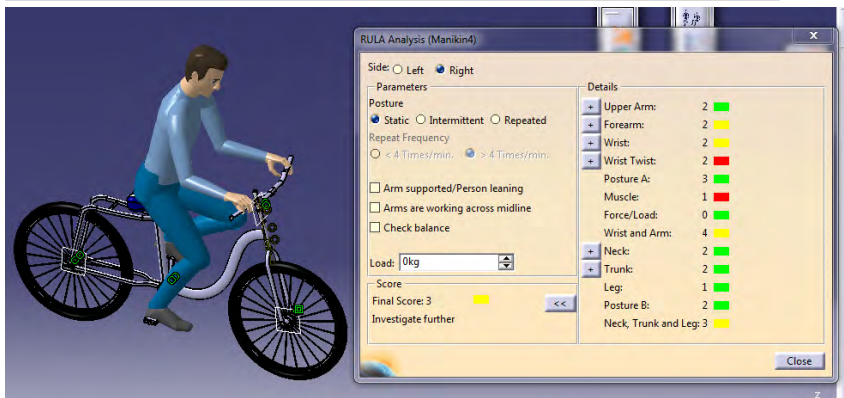
## 4.4 Analisa Ergonomi Sepeda Dengan Metode RULA

### 4.4.1 Analisa Ergonomi Sepeda Untuk Responden Pria

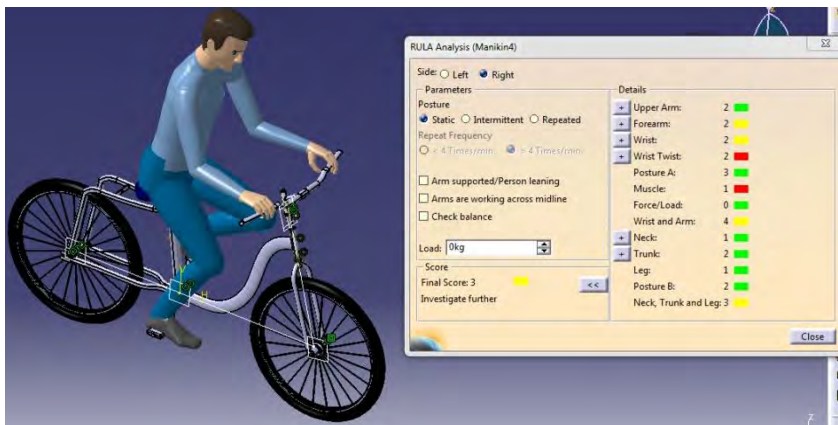
Dari rancangan rangka sepeda yang baru, selanjutnya dianalisa aspek ergonomi sepeda dengan metode RULA dengan bantuan software CATIA V5R20. Tujuan dari analisa ergonomi ini adalah untuk mengetahui nilai resiko cedera yang terjadi pada pengendara, semakin kecil nilai RULA pada sepeda, maka semakin ergonomi sepeda tersebut. Analisa RULA tersebut memanfaatkan ukuran tubuh normal laki-laki orang Indonesia dewasa dengan tinggi rata 175cm [Normianto Eko, 1998]

Analisa RULA ini dilakukan dengan 3 perbedaan sudut *headtube* yaitu 72°, 74°, dan 78° yang nantinya akan ditentukan yang paling ergonomis diantara ketiga sudut tersebut.

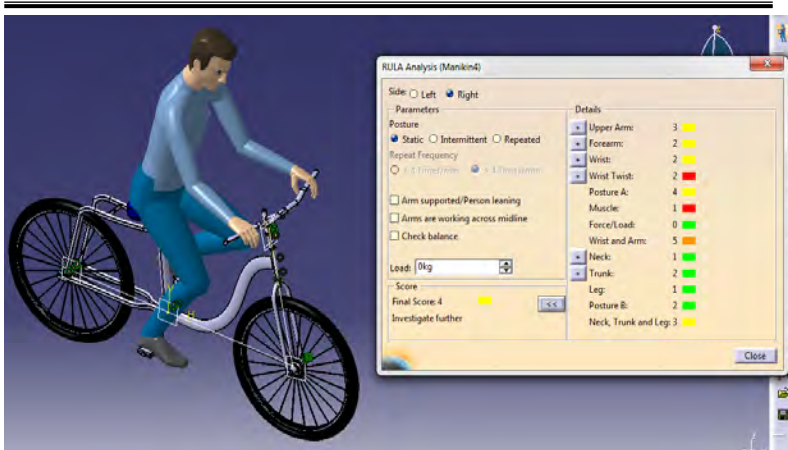
Hasil analisa RULA pada pengendara laki-laki dapat dilihat pada gambar 4.6a, 4.6b, 4.6c :



**Gambar 4.6a.** Nilai RULA dengan sudut *headtube* 72°



**Gambar 4.6b.** Nilai RULA dengan sudut *headtube* 74°



**Gambar 4.6c.** Nilai RULA dengan sudut *headtube* 78°

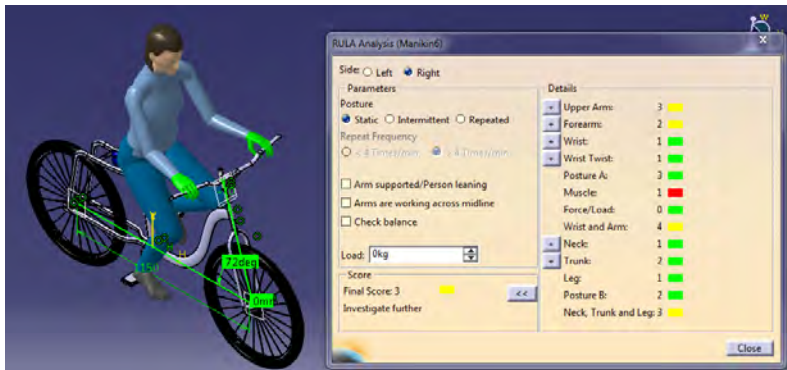
Dari hasil analisa RULA menunjukkan bahwa konsep diatas menunjukkan perbandingan nilai RULA untuk sudut *headtube* 72°, 74°, 78°. Hasil nilai RULA yang menunjukkan paling ergonomis adalah pada sudut *headtube* sebesar 72° dan 74° dengan nilai RULA responden pria adalah 3, namun pada sudut 74° bagian *neck* lebih kecil dengan nilai 1, maka sudut yang paling ergonomis adalah sebesar 74°. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan sepeda ini cukup ergonomis dan desainnya dapat diterima, walaupun untuk menjadi ideal perlu dianalisa lebih lanjut agar didapat nilai yang lebih kecil.

#### 4.4.2 Analisa Ergonomi Sepeda Untuk Responden Wanita

Dari rancangan rangka sepeda yang baru, selanjutnya dianalisa aspek ergonomi sepeda untuk responden wanita dengan metode RULA dengan bantuan software CATIA V5R20. Seperti halnya analisa RULA pada pengendara laki-laki, analisa ini juga menggunakan ukuran tubuh normal perempuan dewasa Indonesia, yaitu tinggi rata-rata 155cm [Nurmianto Eko,1998].

Analisa RULA ini dilakukan dengan 3 perbedaan sudut *headtube* yaitu  $72^\circ$ ,  $74^\circ$ , dan  $78^\circ$  yang nantinya akan ditentukan yang paling ergonomis diantara ketiga sudut tersebut.

Hasil analisa RULA pada pengendara perempuan dapat dilihat pada gambar 4.7a, 4.7b, 4.7c :

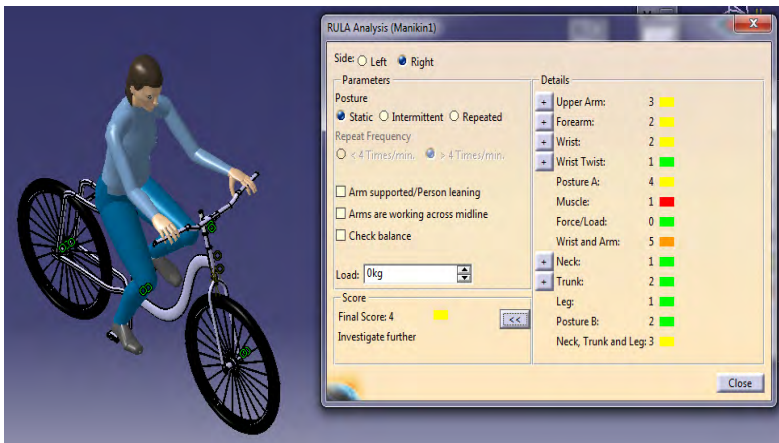


**Gambar 4.7a.** Nilai RULA dengan sudut *headtube*  $72^\circ$



**Gambar 4.7b.** Nilai RULA dengan sudut *headtube*  $74^\circ$





**Gambar 4.7c.** Nilai RULA dengan sudut *headtube* 78°

Dari hasil analisa RULA menunjukkan bahwa konsep diatas menunjukkan perbandingan nilai RULA untuk sudut *headtube* 72°, 74°, 78°. Hasil nilai RULA yang menunjukkan paling ergonomis adalah pada sudut *headtube* sebesar 72° dan 74° dengan nilai RULA responden wanita adalah 3, namun pada sudut 74° bagian *forearm* lebih kecil dengan nilai 1, maka sudut yang paling ergonomis adalah sebesar 74°. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan sepeda ini cukup ergonomis dan desainnya dapat diterima, walaupun untuk menjadi ideal perlu dianalisa lebih lanjut agar didapat nilai yang lebih kecil.

#### 4.5 Analisa Kekuatan Material

Dalam merancang sepeda, perlu diperhitungkan faktor keamanan dari rangka sepeda agar rangka dapat menahan beban yang terjadi. Beban yang ada pada sepeda ini ada 2 yaitu: beban berat pengendara dan berat rangka sepeda itu sendiri. Selanjutnya akan dianalisa kekuatan material rangkanya, sehingga nantinya



akan didapatkan tegangan maksimal yang terjadi pada rangka sepeda tersebut.

#### 4.5.1 Perhitungan Manual Rangka Sepeda ITS

##### a. Gaya reaksi tumpuan

Gaya reaksi pada sepeda terjadi akibat adanya gaya berat dan pengendara. Namun dalam perhitungan, gaya berat rangka diabaikan karena hanya memiliki pengaruh yang kecil, sehingga diasumsikan gaya yang berpengaruh disebabkan oleh gaya berat pengendara saja. Gaya reaksi tumpuan terjadi pada *head tube* dan *forged end*, seperti pada gambar 5.1

1. Gaya berat pengendara diasumsikan 100 kg dengan distribusi 1/3 beratnya pada *head tube* dan 2/3 pada *seat tube* (Tri Laksana, 2010). Rangka menggunakan bahan *steel* dengan *yield strength* 240 MPa dan *Ultimate strength* 400 MPa ( Laksana Tri, 2010 )

$$W_1 = m_1 \times g$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times 100 \text{ Kg}\right) \times$$

$$9,81 \text{ m/s}^2$$

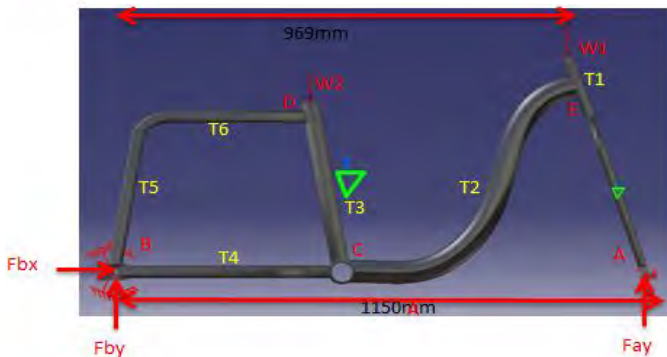
$$= 327 \text{ N}$$

$$W_2 = m_2 \times g$$

$$= \left(\frac{2}{3} \times 100 \text{ Kg}\right) \times$$

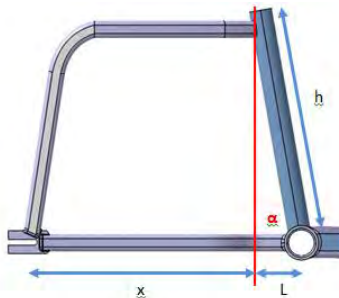
$$9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 654 \text{ N}$$



**Gambar 4.8** *Free Body Diagram* rangka sepeda

Keterangan: A – E : titik simpul  
 $T_1 - T_6$  : Gaya pada batang  
 $W_1$  : gaya berat pengendara (1/3 berat total)  
 $W_2$  : gaya berat pengendara (2/3 berat total)  
 $F_{Ay}$  : gaya reaksi tumpuan pada *head tube*  
 $F_{Bx}$  : gaya reaksi tumpuan pada *forged end* pada arah horisontal  
 $F_{By}$  : gaya reaksi tumpuan pada *forged end* pada arah vertikal



**Gambar 4.9** Detail gambar *set tube* dan *chain stay*

Keterangan :  $\alpha$  : *Seat Tube Angle*  
 $h$  : Panjang *seat tube*  
 $x + L$  : Jarak titik B-C dalam arah horisontal

2. perhitungan gaya- gaya pada rangka sepeda.
  - a) Data yang diperoleh:
    1. STA :  $80^0$
    2. H : 0,4 m
  - b) Menghitung panjang L:
 
$$L = h \cdot \cos \alpha$$

$$= 0,4 \text{ m} \cdot \cos 80^0$$

$$= 0,069 \text{ m}$$

c) Menghitung panjang x:

$$\begin{aligned} X &= 0,43 \text{ m} - L \\ &= 0,43 \text{ m} - 0,069 \text{ m} \\ &= 0,361 \text{ m} \end{aligned}$$

d) Menghitung  $F_{Ay}$

Besarnya  $F_{Ay}$  dapat diketahui dengan cara menghitung momen pada titik B.

$$\begin{aligned} \curvearrowright \Sigma M_B &= 0 \\ F_{Ay} - W_1(0,96 \text{ m}) - W_2(x) &= 0 \\ F_{Ay} - 327(0,96) - 654(0,361 \text{ m}) &= 0 \\ F_{Ay} &= 550,014 \text{ N} \end{aligned}$$

e) Menghitung  $F_{By}$

Besarnya  $F_{By}$  dapat diketahui dengan cara menghitung gaya arah vertikal.

$$\begin{aligned} \uparrow \Sigma F_{By} &= 0 \\ F_{By} + F_{Ay} - W_1 - W_2 &= 0 \\ F_{By} + 550,014 - 327 \text{ N} - 654 \text{ N} &= 0 \\ F_{By} &= 430,986 \text{ N} \end{aligned}$$

f) Menghitung  $F_{Bx}$

Besarnya  $F_{Bx}$  dapat diketahui dengan cara menghitung gaya arah horizontal.

$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_{Bx} &= 0 \\ F_{Bx} &= 0 \end{aligned}$$

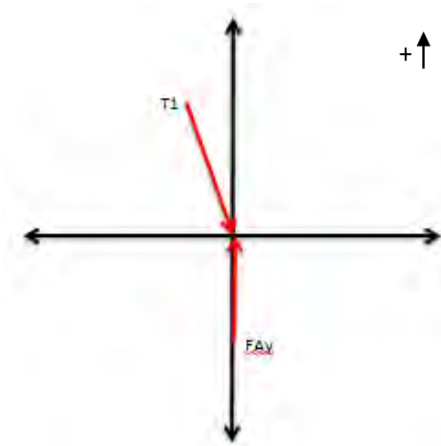
Dari perhitungan diatas maka didapatkan nilai masing- masing dari gaya yang bekerja pada sepeda yaitu:

- $F_{bx} = 0 \text{ N}$
- $F_{by} = 430,986 \text{ N}$
- $F_{ay} = 550,014 \text{ N}$

### b. Gaya Pada Tiap Batang

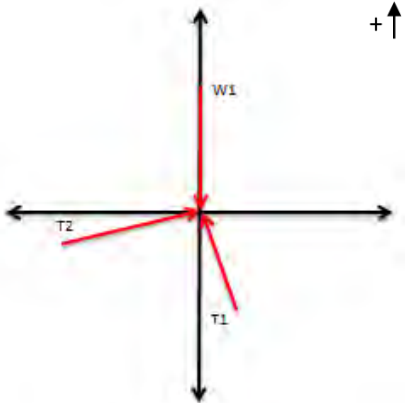
Mencari besarnya gaya yang diterima masing-masing batang rangka sepeda menggunakan metode sambungan. Berikut ini adalah analisa gaya pada tiap titik simpul :

#### ➤ Titik A



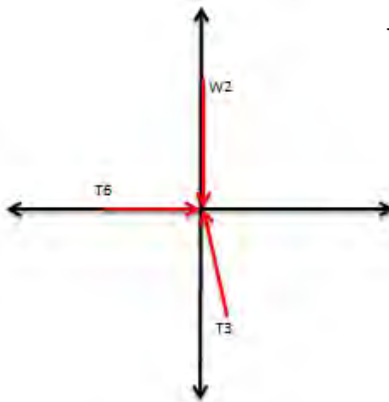
$$\begin{aligned}
 +\uparrow \quad \Sigma F_y &= 0 \\
 F_{ay} - T_1 \cos 16^\circ &= 0 \\
 550,014 - T_1 \cos (0,96) &= 0 \\
 T_1 &= 572,93125 \text{ N (Tekan)}
 \end{aligned}$$

#### ➤ Titik E



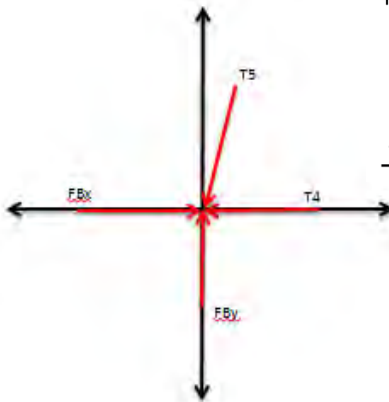
$$\begin{aligned}
 +\uparrow \quad \Sigma F_y &= 0 \\
 T_1 \cos 16^\circ + T_2 \cos 74^\circ - W_1 &= 0 \\
 T_1 (0,96) + T_2 (0,27) - 327 &= 0 \\
 550,014 + T_2 (0,27) - 327 &= 0 \\
 T_2 &= -825,97 \text{ N (Tarik)}
 \end{aligned}$$

➤ Titik D



$$\begin{aligned}
 +\uparrow \quad \Sigma F_y &= 0 \\
 T_3 \cos 10^\circ - W_2 &= 0 \\
 T_3 (0,98) - 654 &= 0 \\
 T_3 &= 667,346 \text{ N (Tekan)} \\
 +\rightarrow \quad \Sigma F_x &= 0 \\
 -T_3 \sin 10^\circ - T_6 &= 0 \\
 -667,346 (0,17) + T_6 &= 0 \\
 T_6 &= 115,88 \text{ N (Tekan)}
 \end{aligned}$$

➤ Titik B



$$\begin{aligned}
 +\uparrow \quad \Sigma F_y &= 0 \\
 F_{By} - T_5 \sin 80^\circ &= 0 \\
 430,986 - T_5 (0,98) &= 0 \\
 T_5 &= 439,781 \text{ N (Tekan)} \\
 +\rightarrow \quad \Sigma F_x &= 0 \\
 F_{Bx} - T_4 - T_5 \cos 80^\circ &= 0 \\
 0 - T_4 - 439,781 \cos 80^\circ &= 0 \\
 T_4 &= -74,76 \text{ N (Tarik)}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.3** Besar Gaya Yang Terjadi Pada Setiap Batang Rangka Sepeda

NO	Nama	gaya (N)
1	T1	572,93

2	T2	825,97
3	T3	667,346
4	T4	74,76
5	T5	439,781
6	T6	115,88

c. Tegangan Pada Tiap Batang

Berdasarkan analisa diatas, telah didapatkan besarnya gaya yang bekerja pada masing-masing batang. Maka tegangan terbesar pada batang dapat diketahui dengan cara memberikan gaya pada bagian yang memiliki luasan terkecil pada batang. Tegangan yang terjadi adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Tegangan Pada Tiap Batang Rangka Sepeda

NO	Nama	gaya (N)	Jenis	Luasan Terkecil (m <sup>2</sup> )	Tegangan (N/m <sup>2</sup> )
1	T1	572,93	tekan	0,000126	4547063,492
2	T2	825,97	tarik	0,000188	4393457,447
3	T3	667,346	tekan	0,000238	2803974,79
4	T4	74,76	tarik	0,000738	101300,813
5	T5	439,781	tekan	0,000101	4354267,327
6	T6	115,88	tekan	0,000101	1147326,733
maksimum					4547063,492

Berdasarkan tabel 4.4 dapat diketahui bahwa tegangan terbesar terjadi pada batang T<sub>1</sub> sebesar 4,5 MPa. Untuk perhitungan faktor keamanan dapat digunakan persamaan 2.5. Data-data teknis yang diketahui adalah :

$$S_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 4,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 0 \text{ MPa (asumsi tidak ada tegangan dalam arah melintang)}$$

$$\tau_{xy} = 0 \text{ MPa (asumsi tidak ada tegangan geser)}$$

$$N = 4$$

Dengan menggunakan metode *Maximum Shear Stress Theory* (MSSSt). Perhitungan kekuatan material dengan mempertimbangkan faktor keamanan adalah sebagai berikut :

$$\frac{S_{yp}}{2N} \geq \tau_{max}$$

$$\frac{S_{yp}}{2N} \geq \left[ \left( \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2}$$

$$\text{Dimana, } \frac{S_{yp}}{2N} = \frac{240 \text{ MPa}}{2 \times 4} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Sedangkan, } \left[ \left( \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2} =$$

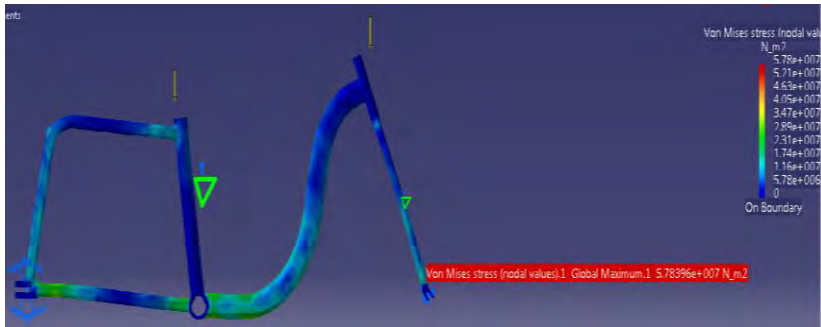
$$\left[ \left( \frac{0 \text{ MPa} - 4,5 \text{ MPa}}{2} \right)^2 + 0^2 \right]^{1/2} = 2,25 \text{ MPa}$$

Karena tegangan ijin ( $\frac{S_{yp}}{2N}$ ) lebih besar daripada tegangan maksimum yang terjadi, maka material rangka aman untuk digunakan.

#### 4.5.2 Analisa Tegangan Rangka Sepeda Menggunakan Software CATIA

Setelah didapatkan hasil perhitungan manual pada rangka sepeda ITS, selanjutnya perlu dilakukan analisa tegangan dengan menggunakan software untuk mengetahui adanya kemungkinan perbedaan nilai diantara kedua cara tersebut. Analisa tegangan ini

menggunakan software CATIA V5R20, berikut adalah hasil analisa rangka sepeda tersebut, seperti terlihat pada gambar 4.10 :



**Gambar 4.10.** Hasil analisa tegangan rangka sepeda ITS

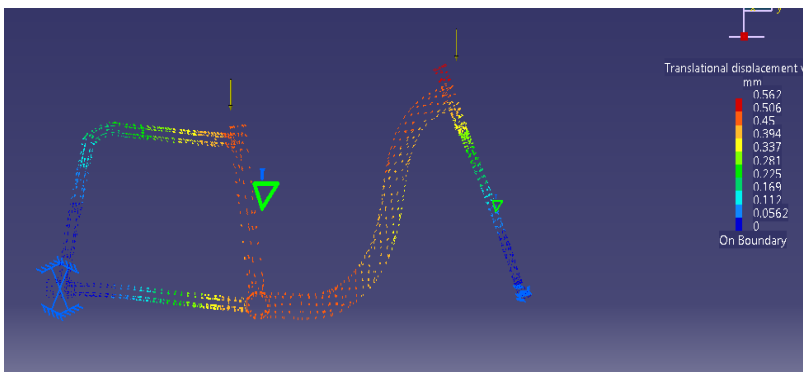
Dari gambar hasil simulasi menunjukkan tegangan yang paling besar atau bagian yang paling kritis adalah pada garpu depan sepeda yaitu sebesar 57,8 MPa. Tegangan kritis lain yang terjadi adalah pada sambungan antara *chain stay* dengan garpu belakang yaitu sebesar 43,2 MPa. Dari uraian 2 buah tegangan kritis tersebut, tampak memang beban yang paling besar terjadi di depan, yaitu dibagian garpu sepeda. Hal ini disebabkan karena pada bagian tersebut 1/3 beban total bekerja. Demikian pula halnya dengan beban pada garpu belakang juga menerima beban yang cukup besar dari pengendara.

Dari hasil analisa tegangan rangka sepeda dengan menggunakan software CATIA V5R20, didapatkan hasil bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada rangka sepeda ITS adalah sebesar 57,8 MPa. Sedangkan tegangan ijin ( $\frac{S_{yp}}{N}$ ) adalah sebesar 60MPa, artinya tegangan ijin lebih besar daripada tegangan maksimum yang terjadi, maka material rangka aman untuk digunakan.



Perbandingan antara hasil perhitungan manual dengan hasil perhitungan menggunakan software CATIA V5R20 terlihat cukup besar. Hal ini disebabkan karena tegangan ijin dari hasil perhitungan manual dengan menggunakan metode *Maximum Shear Stress Theory* (MSSt). Sedangkan untuk tegangan ijin dari hasil analisa software CATIA V5R20 dengan metode *Von Mises*. Untuk itu kedepan sebaiknya dilakukan analisa yang lebih detail dengan metode yang sama.

Selain analisa tegangan yang terjadi, selanjutnya dilakukan juga analisa defleksi maksimum yang terjadi pada rangka sepeda ITS dengan menggunakan software CATIA V5R20. Hasil analisa defleksi rangka dapat dilihat pada gambar 4.11.



**Gambar 4.11.** Hasil analisa defleksi rangka sepeda ITS

Dari hasil analisa defleksi yang terjadi pada rangka sepeda ITS dengan menggunakan software CATIA V5R20, didapatkan hasil bahwa defleksi maksimum yang terjadi pada rangka sepeda ITS adalah sebesar 0,562 mm. Nilai tersebut sangat kecil, sehingga dapat dikatakan rangka sepeda yang dirancang hampir tidak mengalami defleksi saat dinaiki, namun demikian hasil analisa tersebut adalah analisa statis.

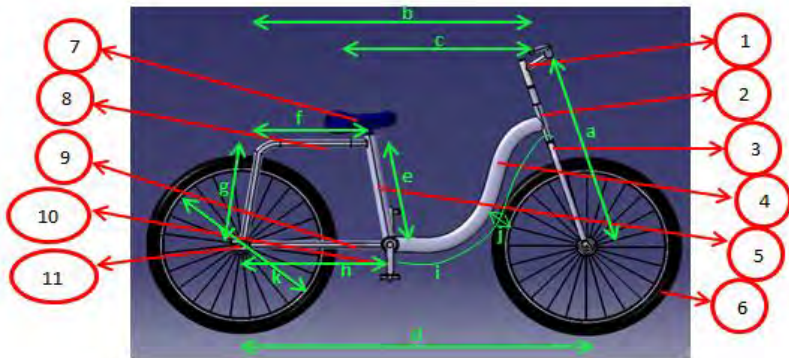
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

### PERANCANGAN PROSES PEMBUATAN DAN PERAKITAN

#### 5.1 Rancangan Proses Pembuatan

Bagian-bagian sepeda ITS lengkap beserta geometrinya :



**Gambar 5.1.** Bagian-bagian Sepeda ITS

Keterangan :

1. Stang (*steer*)
2. *Headtube*
3. Garpu
4. *Main tube*
5. *Seat tube*
6. Ban
7. Sadel
8. *Seat stay*
9. *Chain stay*
10. Pedal
11. *Rear end*

Geometri :

- |          |          |
|----------|----------|
| a. 717mm | h. 499mm |
| b. 969mm | i. 730mm |
| c. 562mm | j. 70mm  |

- d. 1150mm                      k. 670mm  
 e. 400mm  
 f. 395mm  
 g. 350mm

Pada rancangan sepeda ini, bagian-bagian rangka yang dibuat hanya meliputi bagian rangka utama saja yaitu *maintube, seat tube, head tube, seat stay, chain sta, rear end*. Bagian-bagian lainnya pada sepeda seperti stang, sadel, pedal, ban, dan garpu tidak dibuat sendiri melainkan langsung membeli barang yang sesuai standar.

### 5.1.1 Bagian Rangka Yang Dibuat

Proses pembuatan rangka secara umum terdiri dari proses pemotongan pipa dan proses *roll bending*. Hasil yang akan didapat adalah bagian- bagian dari rangka sepeda yang kemudian akan dirakit menjadi sebuah rangka sepeda ITS. Pada rancangan sepeda ITS, hanya beberapa bagian-bagian rangka utama sepeda yang dibuat secara langsung, yaitu :

**Tabel 5.1** Proses Manufaktur Bagian Rangka Sepeda ITS


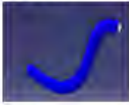




No. Bagian	Nama Bagian Rangka	Proses Manufaktur
1	Head Tube	Pipe Cutting
2	Down Tube	Pipe Cutting lalu pipa direduksi kemudian roll bending
3	Seat Tube	pipe cutting
4	Bottom Bracket	pipe cutting kemudian turning

5	Seat Stay	Pipe Cutting lalu pipa direduksi kemudian roll bending
6	Chain Stay	Pipe Cutting lalu pipa direduksi kemudian bending

### 5.1.2 Rancangan Proses Pembuatan Bagian-Bagian Rangka

Adapun proses pembuatan bagian-bagian rangka sepeda ITS adalah :

**Tabel 5.2** Bagian dari rangka sepeda ITS beserta proses manufakturnya

No.	Bagian	Material	Proses Manufaktur	Keterangan
1	Head Tube 	A ST 45 L = 130 mm Ø = 33,401 mm	Pemotongan dengan menggunakan pipe cutting	Dikerjakan dengan proses cold working
2	Main Tube 	A ST 45 L = 720 mm Ø = 42,16 mm	Pemotongan dengan menggunakan pipe cutting dan dilanjutkan dengan proses bending selanjutnya proses press	Dikerjakan dengan proses cold working
3	Bottom Braket 	A ST 45 L = 70 mm Ø = 60,325 mm	Pemotongan dengan menggunakan pipe cutting dan dilanjutkan dengan proses tap ulir	Dikerjakan dengan proses cold working
4	Seat Tube 	A ST 45 L = 410 mm Ø = 33,401 mm	Pemotongan dengan menggunakan pipe cutting	Dikerjakan dengan proses cold working
5	Cain Stay 	A ST 45 L = 450 mm Ø = 21,336 mm	Pemotongan dengan menggunakan pipe cutting, lalu direduksi kemudian proses bending dan ujungnya di press dan di blanking	Dikerjakan dengan proses cold working
6	Seat Stay 	A ST 45 L = 620 mm Ø = 26,67 mm	Pemotongan dengan menggunakan pipe cutting, lalu tube direduksi kemudian proses bending	Dikerjakan dengan proses cold working

---

## 5.2 Rancangan Proses Perakitan

### 5.2.1 Perakitan Bagian-Bagian Rangka

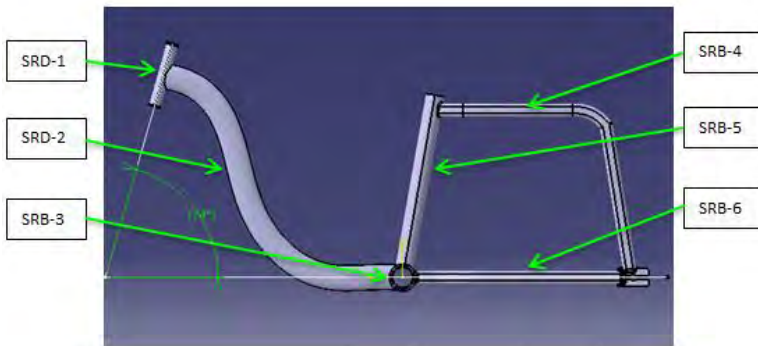
Proses perakitan rangka adalah proses penggabungan part-part bagian dari rangka sepeda dengan menggunakan metode pengelasan (*welding*). Namun sebelum proses pengelasan, part-part bagian rangka dipasang pada *jig and fixture* seperti yang terlihat pada gambar 5.2. Selanjutnya dilakukan proses pengelasan. Sedangkan metode pengelasan yang digunakan adalah *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW).



**Gambar 5.2** *Jig & fixture* sepeda yang digunakan selama proses perakitan.

Secara keseluruhan urutan perakitan rangka dapat dilihat pada diagram perakitan rangka berikut:

1. Sub Perakitan Rangka Depan (SRD)
2. Sub Perakitan Rangka Belakang (SRB)



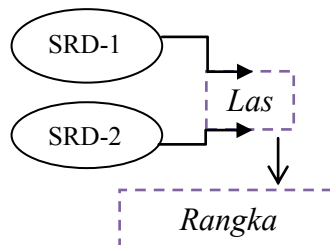
**Gambar 5.3** Sub perakitan rangka sepeda

1. Sub Perakitan Rangka Depan

Sub Perakitan Rangka Depan terdiri dari SRD:

- SRD-1 : *Head Tube*
- SRD-2 : *Down Tube*

Sedangkan untuk *flowchart* perakitan dapat dilihat pada gambar 5.4



**Gambar 5.4** Diagram Perakitan Rangka Depan

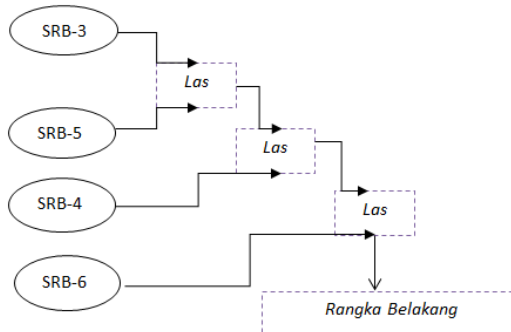
2. Sub Perakitan Rangka Belakang

Sub Perakitan Rangka Belakang terdiri dari 4 SRB, yaitu:

- SRB-3 : *Bottom Bracket*
- SRB-4 : *Chain Stay*
- SRB-5 : *Seat Post*
- SRB-6 : *Seat Stay*



Sedangkan untuk *flowchart* perakitan dapat dilihat pada gambar 5.5

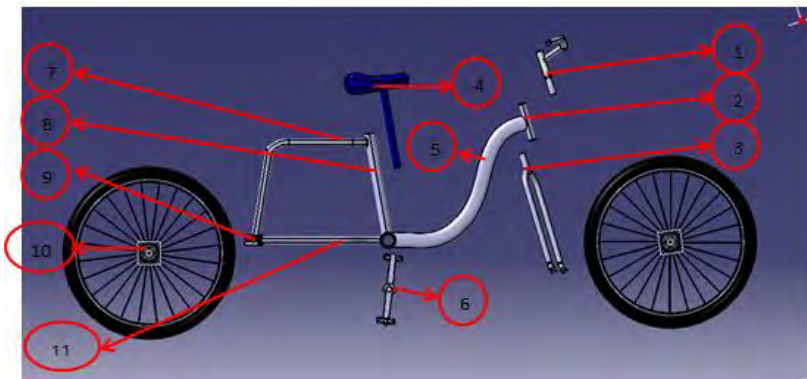


**Gambar 5.5** Diagram Perakitan Rangka Belakang

Setelah proses *assembly* selesai, lalu dilakukan perakitan lengkap menjadi sebuah prototype sepeda ITS.

### 5.2.2 Perakitan Rancangan Sepeda

Setelah dilakukan proses perakitan rangka dengan menggabungkan per-part bagian dari rangka sepeda dengan menggunakan metode pengelasan (*welding*), langkah selanjutnya adalah perakitan seluruh komponen sepeda.

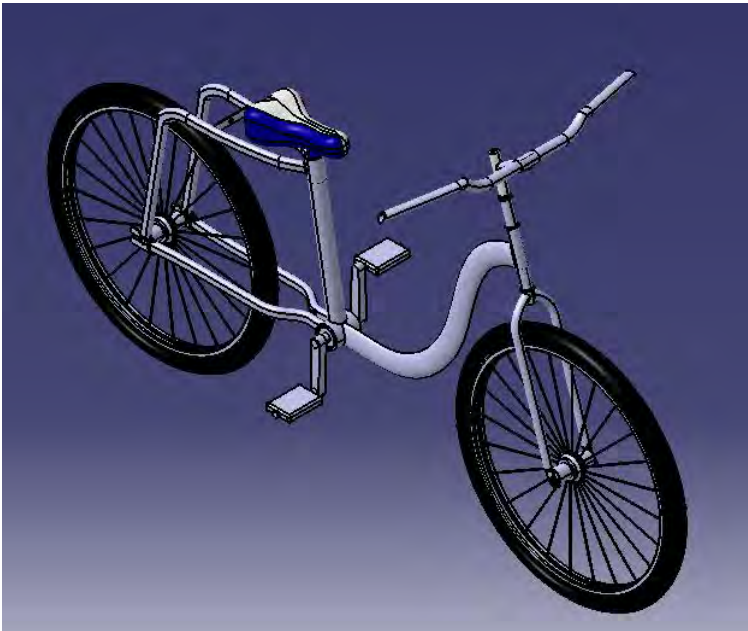


**Gambar 5.6.** Komponen Sepeda ITS secara terpisah

Keterangan :

1. Stang (*steer*)
2. *Headtube*
3. Garpu
4. Sadel
5. *Main tube*
6. Pedal
7. *Seat stay*
8. *Seat tube*
9. *Rear End*
10. Ban
11. *Chain stay*

Kemudian komponen sepeda secara terpisah selanjutnya dilakukan perakitan bagian-bagian sepeda secara keseluruhan sehingga menjadi sepeda ITS.



**Gambar 5.7.** Rancangan Sepeda ITS Tahun 2015

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

---

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengembangan sepeda ITS yang dihasilkan yaitu sepeda ITS dengan profil rangka utama berbentuk ellips dan bentuk penampang tersebut lebih kaku daripada penampang sebelumnya.
2. Kestabilan sepeda ITS diperoleh dari merubah posisi sudut *headtube* dari sebesar  $80^\circ$  menjadi  $74^\circ$  dengan panjang *wheelbase* sebesar 1150mm.
3. Nilai RULA untuk responden pria dan wanita saat mengendarai sepeda ITS adalah 3, sehingga sepeda dapat dikatakan ergonomis.
4. Rangka sepeda ITS mampu menahan beban 100kg dengan tegangan maksimum terjadi pada garpu depan sepeda sebesar 57,8 MPa. Hasil tersebut lebih kecil daripada tegangan ijin material yaitu sebesar 60 MPa.

#### 6.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa saran untuk pengembangan dalam penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Untuk perhitungan manual maupun analisa menggunakan software sebaiknya dilakukan analisa yang lebih detail dengan metode yang sama agar hasil dari analisa tidak jauh berbeda.
2. Perlu dilakukan analisa dinamis pada rangka saat sepeda dikendarai pada kecepatan tertentu.

- 
3. Material sepeda ITS menggunakan alumunium agar lebih ringan.
  4. Variasi pembebanan saat pengujian diberikan agar hasil lebih baik.

---

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrean, R., “*Pengembangan Sepeda Multigender Untuk Civitas Akademika ITS*”, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, 2014
- Batan, I Made Londen., (2012), *Desain Produk*, Edisi Pertama, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
- Bikefit., (2012). *How to Fit Road Bicycle*. <[http:// www.bikefit.com/s-13-road-bikes.aspx](http://www.bikefit.com/s-13-road-bikes.aspx)>
- Deutschman, Aaron, (1975), *Machine Design Theory And Practice*, Mac Millan Publishing Co, Inc,
- Frick, Heinz., (2008), *Mekanika Teknik – Statika dan Kegunaannya*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Hendarto, R., “*Rancang Bangun Sepeda Multigender*”, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, 2013.
- Kutz, Myer., (2001), *Handbook Of Material Selection*, John Wiley & Sons, Inc
- McAtamney, Lynn and Corlett, E Nigel, (1993), *RULA: A Survey Method for Investigation of Work-related Upper Limb Disorders*. Applied Ergonomics, vol. 24 No. 2, p.91-99.
- Nurmianto, Eko. *Ergonomi ; Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Guna Widya. Jakarta. Edisi I. Cetakan II. Oktober 1998.
- Wilhelm Humpert (2012)., “ *Ergotec:The Guideto Cycling Ergonomics*”, Wilhelm Humpert GmbH & Co, Ruhr
- Polygon. (2013), *City Bike*. <http://www.polygonbikes.com/id/bikes/urban-bikes/city-bike>

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BIODATA PENULIS**



Agung Yudistira Soetikno Putra, dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 01 Juni 1992. Penulis adalah putra kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Bambang Soetikno dan Ibu Sri Wahyuningsih. Pendidikan dasar ditempuh di SD Muhammadiyah 1 Samarinda, lulus pada tahun 2004. Pendidikan menengah pertama ditempuh di SMP Negeri 2 Samarinda, lulus pada tahun 2007. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMA Negeri 2 Samarinda, lulus pada tahun 2010. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Di Jurusan Teknik Mesin ini, penulis mengambil Bidang Studi Manufaktur pada Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk.

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1a.	Sepeda ITS Rancangan Rudi [2014].....	1
Gambar 1b.	Bentuk Penampang Pipa Rangka <i>maintube</i> .	1
Gambar 2.1	Bagian Utama Rangka Sepeda Kota.....	5
Gambar 2.2	Lingkaran Mohr Prinsipal.....	12
Gambar 3.1	Diagram Alir Perancangan.....	25
Gambar 4.1	Sepeda ITS Hasil Karya Rudy Andrean.....	27
Gambar 4.2	Sudut <i>Headtube</i> Sebesar 80°.....	28
Gambar 4.3	Rancangan Sepeda ITS.....	30
Gambar 4.4	Rancangan Sudut <i>Headtube</i> Sebesar 74°....	31
Gambar 4.5a	Rancangan Baru Rangka ITS.....	32
Gambar 4.5b	Profil Pipa Rangka Utama Berbentuk Ellips	32
Gambar 4.6a	Nilai RULA Dengan Sudut <i>Headtube</i> 72°...	35
Gambar 4.6b	Nilai RULA Dengan Sudut <i>Headtube</i> 74°...	35
Gambar 4.6c	Nilai RULA Dengan Sudut <i>Headtube</i> 78°...	36
Gambar 4.7a	Nilai RULA Dengan Sudut <i>Headtube</i> 72°...	37
Gambar 4.7b	Nilai RULA Dengan Sudut <i>Headtube</i> 74°...	37
Gambar 4.7c	Nilai RULA Dengan Sudut <i>Headtube</i> 78°...	38
Gambar 4.8	<i>Free Body Diagram</i> Rangka Sepeda ITS....	39
Gambar 4.9	Detail Gambar <i>Seat Tube</i> dan <i>Chain Stay</i> ...	40
Gambar 4.10	Hasil Analisa Tegangan Rangka Sepeda ITS.....	46
Gambar 4.11	Hasil Analisa Defleksi Rangka Sepeda ITS.	47
Gambar 5.1	Bagian-Bagian Sepeda ITS.....	49
Gambar 5.2	<i>Jig &amp; Fixture</i> Sepeda Yang Digunakan...	53
Gambar 5.3	Sub Perakitan Rangka Sepeda.....	54
Gambar 5.4	Diagram Perakitan Rangka Depan.....	54
Gambar 5.5	Diagram Perakitan Rangka Belakang.....	55
Gambar 5.6	Komponen Sepeda ITS Secara Terpisah.....	56
Gambar 5.7	Rancangan Sepeda ITS Tahun 2015.....	57

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# Pengembangan Rangka Sepeda ITS

Agung Yudistira Soetikno Putra, I Made Londen Batan  
Jurusan Teknik Mesin FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
E-mail : [londbatan@me.its.ac.id](mailto:londbatan@me.its.ac.id)

**Abstrak** - Sepeda adalah solusi untuk menciptakan transportasi yang ramah lingkungan. Jarak antara jurusan di ITS cukup jauh, oleh karena itu ITS bermaksud membantu transportasi antar jurusan dengan sepeda kampus. Rudy Andrian [2014] telah merancang dan membuat sepeda multigender untuk civitas akademika ITS. Dari hasil uji fungsi menunjukkan sepeda tersebut masih belum stabil dan aman pada saat berbelok. Demikian pula dari hasil uji ergonomi sepeda juga masih kurang nyaman untuk dikendarai, karena dari responden wanita nilai RULanya masih ada yang 4. Oleh karena itu perlu dilakukan pengembangan sepeda khususnya pada desain rangka yang baru. Langkah- langkah penelitian yang dilakukan adalah evaluasi sepeda multigender yang ada. Dari evaluasi tersebut pada langkah awal dilakukan perubahan geometri rangka, yaitu sudut *head tube* dari 80° menjadi 74°, dan *wheelbase* tidak melebihi standar yaitu 1150mm. Selanjutnya dilakukan perubahan profil rangka utama dari bentuk *round square* menjadi *ellips*. Hal ini dimaksudkan untuk menambah kekakuan rangka. Setelah itu dilakukan evaluasi resiko cedera pengendara, baik laki-laki maupun perempuan dengan metode RULA (Rapid Upper Limb Assessment) dengan menggunakan software CATIA V5R20. Selanjutnya melakukan analisa kekuatan material, khususnya analisa tegangan yang terjadi pada rangka utama. Kemudian diakhiri dengan langkah membuat gambar detail rancangan sepeda tersebut dengan software CATIA V5R20. Hasil dari penelitian ini adalah rancangan sepeda ITS dengan spesifikasi panjang total 1217mm dan tinggi 930mm. Jarak antara *wheelbase* 1150mm, diameter roda depan dan belakang sama yaitu 670mm. Sudut *headtube* rangka 74°. Dari analisa ergonomi menunjukkan bahwa nilai dari RULA pria dan wanita adalah 3. Rangka utama sepeda ITS terbuat dari material A ST45 berbentuk elips mampu menahan beban 100kg, dimana tegangan maksimum yang terjadi dari hasil analisa dengan menggunakan software CATIA V5R20 sebesar 57,8 MPa, lebih kecil daripada tegangan ijin material A ST45 sebesar 60MPa.

**Kata kunci:** rangka sepeda its, aman, ergonomis, RULA, CATIA

## I. PENDAHULUAN

Dalam rangka untuk menyelamatkan lingkungan dari polusi, perlu adanya inovasi yang bergerak di bidang transportasi untuk mengurangi jumlah polusi yang terus diciptakan oleh masyarakat. ITS salah satu institusi yang mulai bergerak untuk menciptakan transportasi yang ramah lingkungan salah satunya adalah sepeda. Mahasiswa-mahasiswa ITS mulai menciptakan dan mengembangkan sepeda untuk seluruh civitas akademika untuk mendukung gerakan green campus.

Rudy Andrian [2014] telah merancang dan mengembangkan serta membuat sepeda ITS, seperti terlihat pada gambar 1a. Rangka sepeda tersebut berbentuk persis seperti huruf ITS, dan rangka utamanya (bentuk s) penampang berbentuk *round square*, seperti terlihat pada gambar 1b. Sepeda tersebut memang

dirancang dapat digunakan oleh kalangan seluruh civitas akademika ITS, baik laki-laki maupun perempuan [1].



(a). Sepeda ITS rancangan Rudy [2014]

(b). Bentuk penampang pipa rangka *main tube* [Rudi 2014]

**Gambar 1.** Sepeda rancangan rudy dengan bentuk penampang *roundsquare*

Sepeda yang dirancang dan dibuat tersebut kemudian diuji dari aspek fungsi dengan cara berkendara langsung menggunakan sepeda dan uji ergonomi dengan mengukur posisi tubuh pengendara saat diatas sepeda dengan menggunakan goniometer. Hasil uji fungsi menunjukkan bahwa sepeda masih tidak stabil dan aman pada saat berbelok. Hal tersebut disebabkan karena sudut *headtube*nya terlalu besar yaitu 80° dan jarak *wheelbase* yang paling jauh yaitu 1180mm. Kondisi tersebut menyebabkan posisi steer terlalu kedepan, hampir mirip dengan sepeda balap. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pengukuran posisi tubuh pengendara, seperti terlihat pada tabel 1. Pengendara (responden) pada uji ergonomi sepeda tersebut adalah pengendara pria dan wanita.

**Tabel 1.** Hasil analisa RULA responden

Bagian Tubuh	NILAI RULA					
	Pria			Wanita		
	Agus (180)	Jemy (173)	Gandi (165)	Febri (165)	Dhini (161)	Chontry (148)
Lengan atas	3	3	3	3	3	4
Lengan bawah	2	2	2	2	2	2
Pergelangan tangan	2	2	2	2	2	2
Pergelangan tangan memutar	1	1	1	1	1	1
Skor total grup A	4	4	4	4	4	4
Leher	2	2	2	2	2	2
Punggung	2	2	2	2	2	3
Kaki	1	1	1	1	1	1
Skor total grup B	2	2	2	2	2	4
FINAL SCORE	3	3	3	3	3	4

Tabel 1. menunjukkan hasil uji ergonomi dengan mengukur posisi tubuh pengendara, ternyata hasil pengukuran posisi tubuh pengendara dari tiga responden pria dan tiga responden wanita didapatkan hasil ergonomi yang cukup baik untuk responden pria yaitu dengan nilai RULA adalah 3. Sedangkan untuk responden wanita, dua

responden wanita mempunyai nilai RULA 3, sedangkan 1 orang dengan nilai 4.

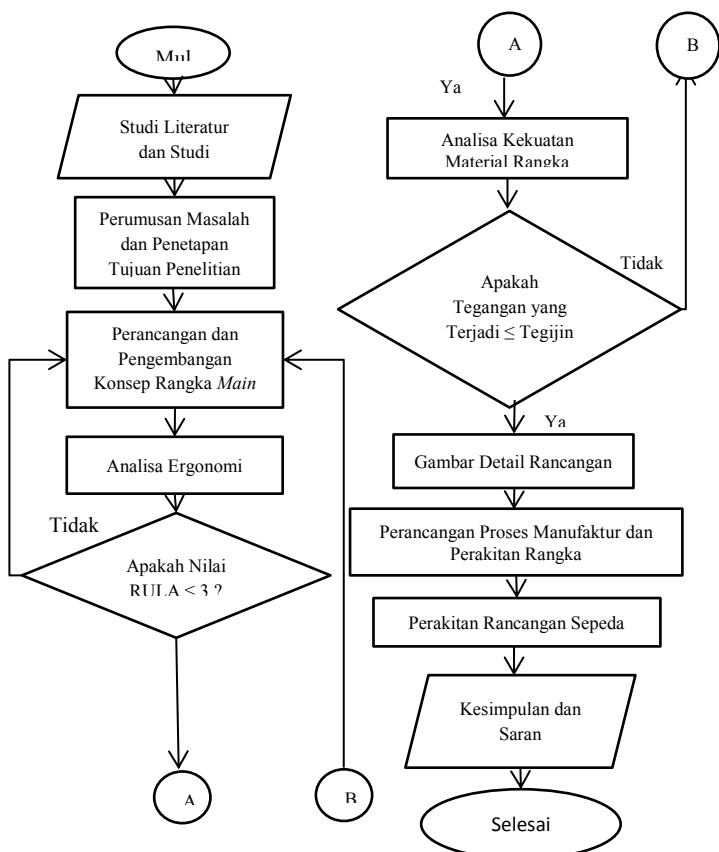
Disamping itu mungkin dikarenakan bentuk penampang rangka sepeda yang *round square* tidak cukup kaku untuk menahan momen puntir. Sehingga menyebabkan sepeda tidak stabil saat dikendarai khususnya pada saat berbelok.

Untuk itu pada dilakukan perubahan geometri dan profil rangka yang dititik beratkan pada rangka utama berbentuk S. Selanjutnya rangka dianalisa keergonomiannya dengan menggunakan RULA serta dianalisa kekuatannya dengan bantuan software CATIA V5R20. Diharapkan dari rancangan ini dapat diketahui bentuk rangka yang sesuai dengan kebutuhan civitas akademika ITS, yaitu rangka sepeda yang aman dan kuat serta nyaman saat dikendarai oleh civitas akademika ITS, baik laki-laki maupun perempuan.

## II METODOLOGI

Pengembangan rangka sepeda ITS dilakukan berdasarkan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur dan lapangan.
2. Perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian.
3. Pengembangan konsep rangka.
4. Analisa ergonomi
5. Analisa kekuatan material rangka.
6. Gambar detail rancangan
7. Perancangan proses manufaktur dan perakitan rangka
8. Perakitan rancangan rangka
9. Kesimpulan dan saran.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## III PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA ITS

### Kajian Sepeda ITS Yang Ada

Seperti terlihat pada gambar 3, sebuah sepeda yang khusus dirancang untuk dapat digunakan oleh civitas akademika ITS.



Gambar 3. Sepeda ITS Hasil karya Rudy Andean [Rudy 2014]

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rudy Andean [2014], yaitu Pengembangan Sepeda Multigender Untuk Civitas Akademika ITS, diketahui bahwa rangka utama berbentuk S dengan profil *round square*, serta sudut pada garpu sebesar  $80^\circ$  dan jarak *wheelbase* 1180mm.

Dari hasil pengukuran geometri rangka sepeda dapat diketahui sudut *headtube*, yaitu sudut yang terbentuk antara garis tengah pipa depan (*headtube*) terhadap garis horizontal adalah  $80^\circ$ . Sudut tersebut masih sangat besar yang menyebabkan jarak antara sadel (tempat duduk) dan stang (*steer*) terlalu jauh, yaitu 730 mm untuk ukuran tubuh orang Indonesia. Hal tersebut tampak pada hasil pengukuran posisi anggota tubuh dengan menggunakan goniometer untuk menganalisa aspek ergonomi sepeda, dimana hasil uji ergonomi menunjukkan bahwa responden yang memiliki tinggi 148cm masih tidak nyaman dalam mengendarai sepeda, yaitu nilai RULAny sama dengan 4.

Hasil uji fungsi sepeda menunjukkan, bahwa sepeda masih tidak nyaman dan aman pada saat berbelok. Hal ini mungkin dikarenakan pada bentuk penampang (profil) rangka sepeda tersebut tidak untuk mampu menahan momen puntir, sehingga menyebabkan sepeda tidak stabil saat dikendarai berbelok.

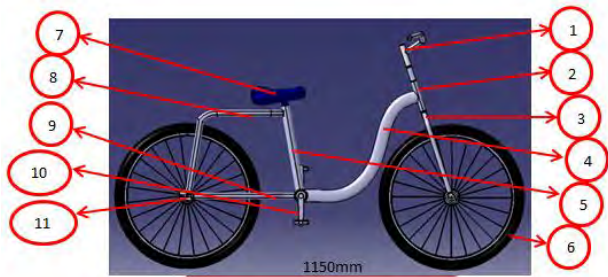
Untuk itu dilakukan perubahan geometri dan profil rangka utama sepeda agar kuat menahan beban pengendara, dengan merubah sudut *headtube*, yaitu sudut yang dibentuk antara pipa depan sepeda ke garpu dari  $80^\circ$  menjadi  $74^\circ$ , agar menjadi lebih stabil saat dikendarai.

## IV PERANCANGAN RANGKA

### A. Geometri Rangka

Setelah studi lapangan dan evaluasi yang telah dilakukan, maka dilakukan perancangan ulang desain rangka utama sepeda dengan mempertimbangkan aspek ergonomi dan kekuatan material. Sepeda dan nomor serta bagiannya secara umum, seperti terlihat pada gambar 4 :



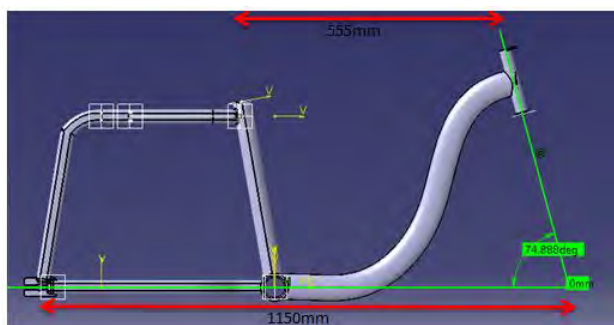


Gambar 4. Rancangan Sepeda ITS

Keterangan :

- |                  |               |
|------------------|---------------|
| 1. Stang (steer) | 7. Sadel      |
| 2. Headtube      | 8. Seat Stay  |
| 3. Garpu         | 9. Chain Stay |
| 4. Main tube     | 10. Pedal     |
| 5. Seat tube     | 11. Rear End  |
| 6. Ban           |               |

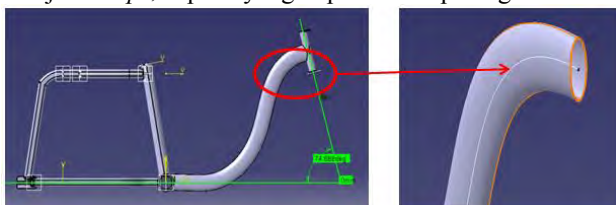
Sebagai langkah awal dilakukan perubahan sudut dari *head tube* dari  $80^\circ$  menjadi  $74^\circ$ , akibat dari perubahan tersebut adalah pendekatan jarak sadel dengan stang, yang semula adalah 730 mm menjadi 555 mm, dimana jarak antara *wheelbase* yang semula 1180 mm menjadi 1150 mm. Perubahan jarak tersebut dapat menambah kestabilan sepeda disamping adanya perubahan profil pipa utama. Disamping itu perubahan jarak antara sadel dengan stang yang lebih pendek dapat menambah ke-ergonomisan pengendara saat menaiki sepeda, khususnya orang Indonesia. Seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Rancangan sudut headtube sebesar  $74^\circ$

#### B. Profil (Penampang) Rangka Utama

Seerti yang sudah diringkas pada latar belakang, dimana sepeda yang ada saat berbelok kurang stabil. Untuk itu dilakukan perubahan penampang rangka utama (rangka 'S') dari profil bentuk *roundsquare* menjadi *ellips*, seperti yang dapat dilihat pada gambar 6:



Gambar 6. Rancangan profil rangka berbentuk Elips

#### C. Analisa Ergonomi Sepeda Dengan Metode RULA

##### Analisa Ergonomi Sepeda Untuk Responden Pria

Dari rancangan rangka sepeda yang baru, selanjutnya dianalisa aspek ergonomi sepeda dengan metode RULA dengan bantuan software CATIA V5R20.

Tujuan dari analisa ergonomi ini adalah untuk mengetahui nilai resiko cedera yang terjadi pada pengendara, semakin kecil nilai RULA pada sepeda, maka semakin ergonomi sepeda tersebut [3]. Analisa RULA tersebut memanfaatkan ukuran tubuh normal laki-laki orang Indonesia dewasa dengan tinggi rata 175cm [4].

Hasil analisa RULA pada pengendara laki-laki dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Analisa RULA untuk responden pria = 3

Dari hasil analisa RULA menunjukkan bahwa konsep diatas menunjukkan nilai RULA untuk responden pria adalah 3. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan sepeda ini cukup ergonomis dan desainnya dapat diterima, walaupun untuk menjadi ideal perlu dianalisa lebih lanjut agar didapat nilai yang lebih kecil.

##### Analisa Ergonomi Sepeda Untuk Responden Wanita

Dari rancangan rangka sepeda yang baru, selanjutnya dianalisa aspek ergonomi sepeda untuk responden wanita dengan metode RULA dengan bantuan software CATIA V5R20. Seperti halnya analisa RULA pada pengendara laki-laki, analisa ini juga menggunakan ukuran tubuh normal perempuan dewasa Indonesia, yaitu tinggi rata-rata 155cm [Nurmianto Eko,1998].

Hasil analisa RULA pada pengendara perempuan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Analisa RULA untuk responden wanita = 3

Dari hasil analisa RULA menunjukkan bahwa konsep diatas menunjukkan nilai RULA untuk responden wanita adalah 3. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan sepeda ini cukup ergonomis dan rancangan sepeda dapat diterima. Namun untuk pengembangan lebih lanjut perlu dilakukan perubahan desain agar didapat nilai yang lebih kecil.

#### D. Analisa Kekuatan Material

Dalam merancang sepeda, perlu diperhitungkan faktor keamanan dari rangka sepeda agar rangka dapat menahan beban yang terjadi. Beban yang ada pada sepeda ini ada 2 yaitu: beban berat pengendara dan berat rangka sepeda itu sendiri. Selanjutnya akan dianalisa

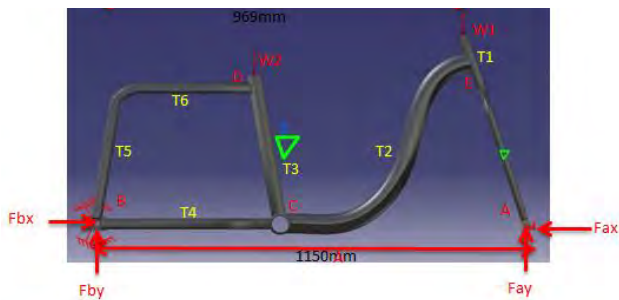
kekuatan material rangkanya, sehingga nantinya akan didapatkan tegangan maksimal yang terjadi pada rangka sepeda tersebut.

#### E. Perhitungan Manual Rangka Sepeda ITS

##### Gaya reaksi tumpuan

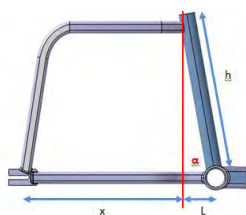
Gaya reaksi pada sepeda terjadi akibat adanya gaya berat dan pengendara. Namun dalam perhitungan, gaya berat rangka diabaikan karena hanya memiliki pengaruh yang kecil, sehingga diasumsikan gaya yang berpengaruh disebabkan oleh gaya berat pengendara saja. Gaya reaksi tumpuan terjadi pada *head tube* dan *forged end*, seperti pada gambar 9. Gaya berat pengendara diasumsikan 100 kg dengan distribusi 1/3 beratnya pada *head tube* dan 2/3 pada *seat tube* (Tri Laksana, 2010). Rangka menggunakan bahan *steel* dengan *yield strength* 240 MPa dan *Ultimate strength* 400 MPa (Laksana Tri, 2010)

$$\begin{aligned} W_1 &= m_1 \times g & W_2 &= m_2 \times g \\ &= \left(\frac{1}{3} \times 100 \text{ Kg}\right) \times 9,8 & &= \left(\frac{2}{3} \times 100 \text{ Kg}\right) \times 9,8 \\ &= 327 \text{ N} & &= 654 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 9. Free body diagram rangka sepeda ITS

Keterangan: A – E : titik simpul  
 $T_1 - T_6$  : Gaya pada batang  
 $W_1$  : gaya berat pengendara (1/3 berat total)  
 $W_2$  : gaya berat pengendara (2/3 berat total)  
 $F_{Ay}$  : gaya reaksi tumpuan pada *head tube*  
 $F_{Bx}$  : gaya reaksi tumpuan pada *forged end* pada arah horisontal  
 $F_{By}$  : gaya reaksi tumpuan pada *forged end* pada arah vertikal



Gambar 10. Detail gambar *seat tube* dan *chain stay*

Keterangan :  $\alpha$  : *Seat Tube Angle*

$h$  : Panjang *seat tube*  
 $x + L$  : Jarak titik B-C dalam arah horisontal  
 Dari perhitungan maka didapatkan nilai masing- masing dari gaya yang bekerja pada sepeda yaitu:

- $F_{bx} = 158,462 \text{ N}$
- $F_{ax} = 136,862 \text{ N}$
- $F_{by} = 502,727 \text{ N}$
- $F_{ay} = 478,273 \text{ N}$

Besar gaya yang terjadi pada setiap batang pada rangka sepeda ditunjukkan pada tabel 2 :

Tabel 2. Besar Gaya Yang Terjadi Pada Setiap Batang Rangka Sepeda

NO	Nama	gaya (N)
1	T1	497,682
2	T2	550,083
3	T3	667,346
4	T4	71,612
5	T5	510,901
6	T6	115,88

##### Tegangan Pada Tiap Batang

Berdasarkan analisa diatas, telah didapatkan besarnya gaya yang bekerja pada masing-masing batang. Maka tegangan terbesar pada batang dapat diketahui dengan cara memberikan gaya pada bagian yang memiliki luasan terkecil pada batang. Tegangan yang terjadi dapat lihat pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Tegangan Pada Tiap Batang Rangka Sepeda

NO	Nama	gaya (N)	Jenis	Luasan Terkecil (m <sup>2</sup> )	Tegangan (N/m <sup>2</sup> )
1	T1	497,682	Tekan	0,000126	3949857,143
2	T2	550,083	Tarik	0,000188	2925973,404
3	T3	667,346	Tekan	0,000238	2803974,79
4	T4	71,612	Tarik	0,000738	97035,230
5	T5	510,901	Tekan	0,000101	4354267,327
6	T6	115,88	Tekan	0,000101	1147326,733
Maksimum					4354267,327

Berdasarkan tabel 3 dapat diketahui bahwa tegangan terbesar terjadi pada batang  $T_5$  sebesar 4,3 MPa.

Dengan menggunakan metode *Maximum Shear Stress Theory* (MSS<sub>t</sub>) [2]. Perhitungan kekuatan material dengan mempertimbangkan faktor keamanan adalah sebagai berikut :

$$\frac{S_{yp}}{2N} \geq \tau_{max}$$

$$\frac{S_{yp}}{2N} \geq \left[ \left( \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2}$$

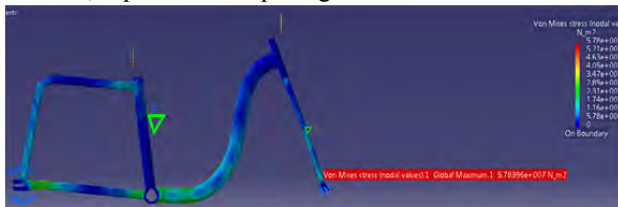
$$\text{Dimana, } \frac{S_{yp}}{2N} = \frac{240 \text{ MPa}}{2 \times 4} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Sedangkan, } \left[ \left( \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2} = \left[ \left( \frac{0 \text{ MPa} - 4,3 \text{ MPa}}{2} \right)^2 + 0^2 \right]^{1/2} = 2,15 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, tegangan ijin ( $\frac{S_{yp}}{2N}$ ) lebih besar daripada tegangan maksimum yang terjadi, maka material rangka aman untuk digunakan.

#### F. Analisa Tegangan Rangka Sepeda Menggunakan Software CATIA

Berikut adalah hasil analisa rangka sepeda tersebut, seperti terlihat pada gambar 11 :



Gambar 11. Hasil analisa tegangan rangka sepeda ITS

Dari hasil analisa tegangan rangka sepeda dengan menggunakan software CATIA V5R20, didapatkan hasil bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada rangka sepeda ITS adalah sebesar 57,8 MPa. Sedangkan tegangan ijin ( $\frac{S_{yp}}{N}$ ) adalah sebesar 60MPa, artinya tegangan ijin lebih besar daripada tegangan maksimum yang terjadi, maka material rangka aman untuk digunakan.

### V PERANCANGAN PROSES PEMBUATAN DAN PERAKITAN

#### A. Bagian Rangka Yang Dibuat

Proses pembuatan rangka secara umum terdiri dari proses pemotongan pipa dan proses *roll bending*. Hasil yang akan didapat adalah bagian- bagian dari rangka sepeda yang kemudian akan dirakit menjadi sebuah rangka sepeda ITS. Pada rancangan sepeda ITS, hanya beberapa bagian-bagian rangka utama sepeda yang dibuat secara langsung, yaitu :

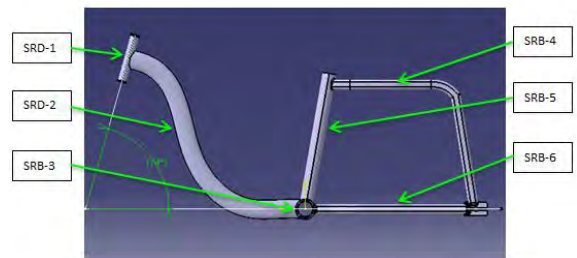
Tabel 4 Proses Manufaktur Bagian Rangka Sepeda ITS

No. Bagian	Nama Bagian Rangka	Proses Manufaktur
1	Head Tube	Pipe Cutting
2	Down Tube	Pipe Cutting lalu pipa direduksi kemudian roll bending
3	Seat Tube	pipe cutting
4	Bottom Bracket	pipe cutting kemudian turning
5	Seat Stay	Pipe Cutting lalu pipa direduksi kemudian roll bending
6	Chain Stay	Pipe Cutting lalu pipa direduksi kemudian bending

#### B. Rancangan Proses Perakitan Perakitan Bagian-Bagian Rangka

Secara keseluruhan urutan perakitan rangka dapat dilihat pada diagram perakitan rangka pada gambar 12 sebagai berikut:

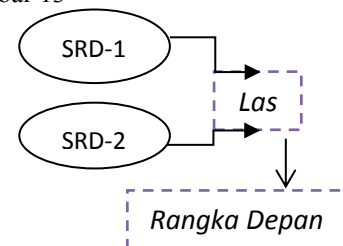
1. Sub Perakitan Rangka Depan (SRD)
2. Sub Perakitan Rangka Belakang (SRB)



Gambar 12. Sub perakitan rangka sepeda

1. Sub Perakitan Rangka Depan  
Sub Perakitan Rangka Depan terdiri dari SRD:
  - SRD-1 : Head Tube
  - SRD-2 : Down Tube

Sedangkan untuk *flowchart* perakitan dapat dilihat pada gambar 13

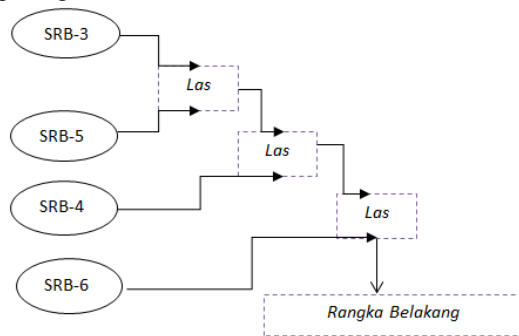


Gambar 13. Diagram Perakitan Rangka Depan

2. Sub Perakitan Rangka Belakang  
Sub Perakitan Rangka Belakang terdiri dari 4 SRB, yaitu:
  - SRB-3 : Bottom Bracket
  - SRB-4 : Chain Stay
  - SRB-5 : Seat Post
  - SRB-6 : Seat Stay



Sedangkan untuk *flowchart* perakitan dapat dilihat pada gambar 14

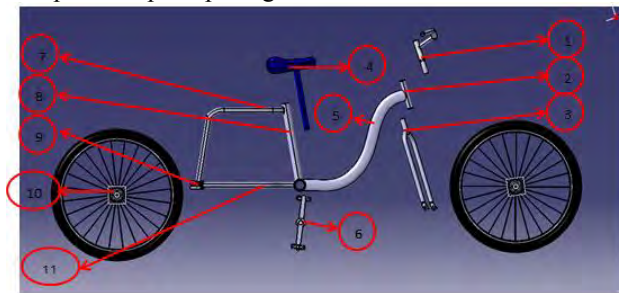


**Gambar 14.** Diagram Perakitan Rangka Belakang

Setelah proses *assembly* selesai, lalu dilakukan perakitan lengkap menjadi sebuah prototype sepeda ITS.

### C. Perakitan Sepeda

Setelah dilakukan proses perakitan rangka dengan menggabungkan per-part bagian dari rangka sepeda dengan menggunakan metode pengelasan (*welding*), langkah selanjutnya adalah perakitan seluruh komponen sepeda pada gambar 15:



**Gambar 15.** Komponen Sepeda ITS secara terpisah

Kemudian komponen sepeda selanjutnya dilakukan perakitan bagian-bagian sepeda secara keseluruhan sehingga menjadi sepeda ITS. Sepeda ITS dapat dilihat pada gambar 16.



**Gambar 16.** Rancangan Sepeda ITS Tahun 2015

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan:

1. Pengembangan sepeda ITS yang dihasilkan yaitu sepeda ITS dengan profil rangka utama berbentuk ellips dan bentuk penampang tersebut lebih kaku daripada penampang sebelumnya.
2. Kestabilan sepeda ITS diperoleh dari merubah posisi sudut *headtube* dari sebesar  $80^\circ$  menjadi  $74^\circ$  dengan panjang *wheelbase* sebesar 1150mm.

3. Nilai RULA untuk responden pria dan wanita saat mengendarai sepeda ITS adalah 3, sehingga sepeda dapat dikatakan ergonomis.
4. Rangka sepeda ITS mampu menahan beban 100kg dengan tegangan maksimum terjadi pada garpu depan sepeda sebesar 57,8 Mpa. Hasil tersebut lebih kecil daripada tegangan ijin material yaitu sebesar 60 MPa.

### Saran

1. Untuk perhitungan manual maupun analisa menggunakan software sebaiknya dilakukan analisa yang lebih detail dengan metode yang sama agar hasil dari analisa tidak jauh berbeda.
2. Perlu dilakukan analisa dinamis pada rangka saat sepeda dikendarai pada kecepatan tertentu.
3. Material sepeda ITS menggunakan alumunium agar lebih ringan.
4. Variasi pembebanan saat pengujian diberikan agar hasil lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Andrean, R., "*Pengembangan Sepeda Multigender Untuk Civitas Akademika ITS*", Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, 2014
- [2]. Deutschman, Aaron, (1975), *Machine Design Theory And Practice*, Mac Millan Publishing Co, Inc,
- [3]. McAtamney, Lynn and Corlett, E Nigel, (1993), *RULA: A Survey Method for Investigation of Work-related Upper Limb Disorders*. Applied Ergonomics, vol. 24 No. 2, p.91-99.
- [4]. Nurmianto, Eko. *Ergonomi ; Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Guna Widya. Jakarta. Edisi I. Cetakan II. Oktober 1998.

Tugas Akhir – TM 141585

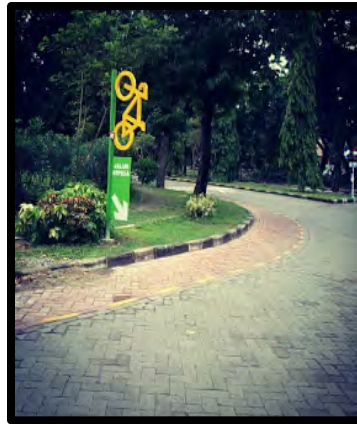


# PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA ITS

**Oleh:**  
**Agung Yudistira S.P**  
**2110 100 151**

**Dosen Pembimbing:**  
**Prof. Dr.-Ing. I Made Londen B,**  
**M.E**

# Latar Belakang



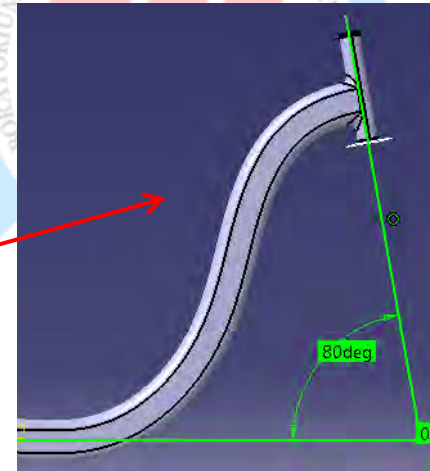
**Sepeda Multigender (Rudy 2014)**

# Evaluasi sepeda ITS (Rudy 2014)

## Uji Fungsi :



Hasil uji fungsi menunjukkan bahwa sepeda masih tidak stabil dan aman saat dikendarai



## Uji Ergonomi :



N O	Nama	Jenis Kelamin	Tinggi Badan (cm)	Final Score RULA
1	Agus	Pria	180	3
2	Jemy	Pria	173	3
3	Gandi	Pria	165	3
4	Febri	Wanita	165	3
5	Dhini	Wanita	161	3
6	Chontry	Wanita	148	4

Responden Pria

Responden Wanita



# Perumusan Masalah

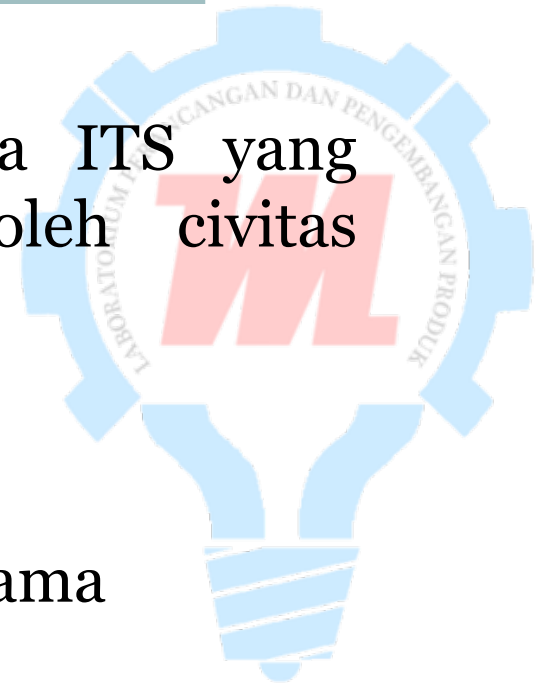
Bagaimana mengembangkan rangka sepeda ITS yang aman dan nyaman, dapat digunakan oleh civitas akademika di ITS.

## BATASAN MASALAH

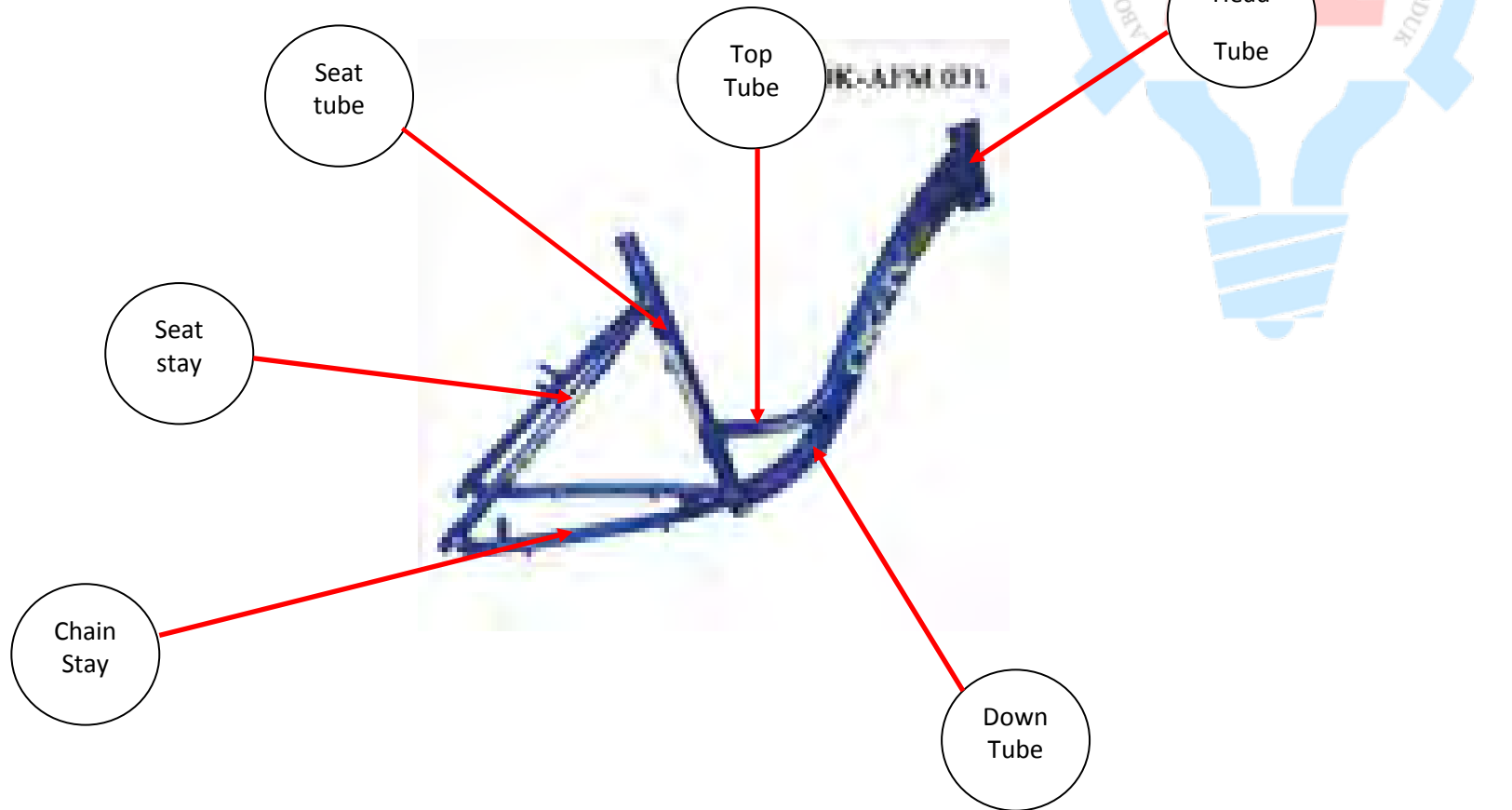
- Rancangan hanya dilakukan pada rangka utama berbentuk S (*main tube*)
- Komponen standar dan rangka lainnya tidak dirancang

## TUJUAN

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengembangkan sepeda ITS yang aman dan nyaman digunakan oleh civitas akademika ITS



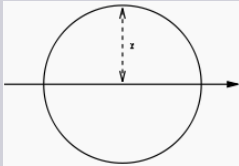
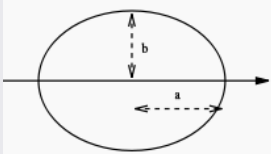
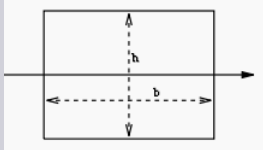
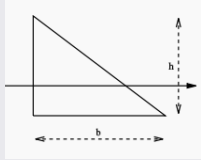
# KAJIAN PUSTAKA



Bagian - bagian rangka sepeda

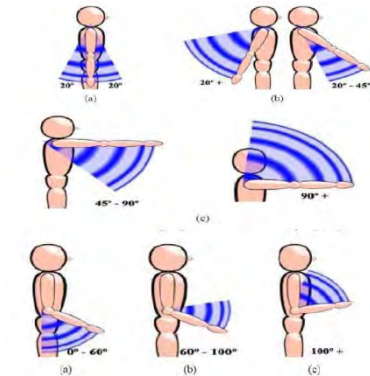
# KAJIAN PUSTAKA

Rumus Inersia dari berbagai profil →

No	Profil	Momen Inersia
1		$I_x = \frac{\pi}{4}r^4$ $I_y = \frac{\pi}{4}r^4$ $I_z = \frac{\pi}{2}r^4$
2		$I_x = \frac{\pi}{4}ab^3$ $I_y = \frac{\pi}{4}a^3b$
3		$I_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_y = \frac{b^3h}{12}$
4		$I_0 = \frac{bh^3}{36}$

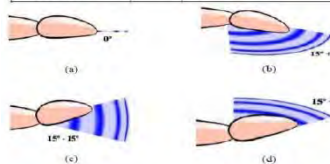
# METODE RULA

metode untuk mengetahui tingkat ergonomis suatu area kerja, dimana gerakan dan posisi tubuh seseorang akan dievaluasi pada saat dia beraktifitas.



Pergerakan	Score	Perubahan score:
60° - 100° flexion	1	+1 jika lengan bekerja melawan gravitasi
kurang dari 60° atau lebih dari 100° flexion	2	tegak badan atau keluar dari sisi

Pergerakan	Score	Perubahan score:
Posisi netral	1	+1 jika pergelangan tangan berada pada deviasi radial maupun ulnar
0 - 15° flexion maupun extension	2	
15° atau lebih flexion maupun extension	3	



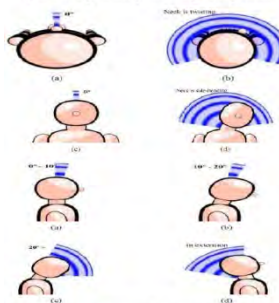
Pergerakan pergelangan tangan (pronasi dan supinasi) yang diukur oleh Health and Safety Executive pada postur netral berdasar pada Telapak. Skor tersebut adalah:

+1 jika pergelangan tangan berada pada rotasi netral atau putar

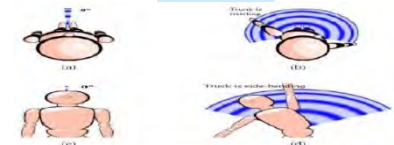
+2 jika pergelangan tangan pada sisi samping berada pada akhir rotasi putar.



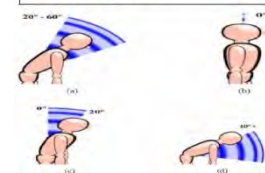
Apabila leher diputar atau dibengkokkan  
Keterangan:  
+1 jika leher diputar atau posisi miring, dibengkokkan ke kanan atau kiri.



Pergerakan	Score
0 - 10° flexion	1
10° - 20° flexion	2
30° atau lebih flexion	3
Jika dalam extension	4



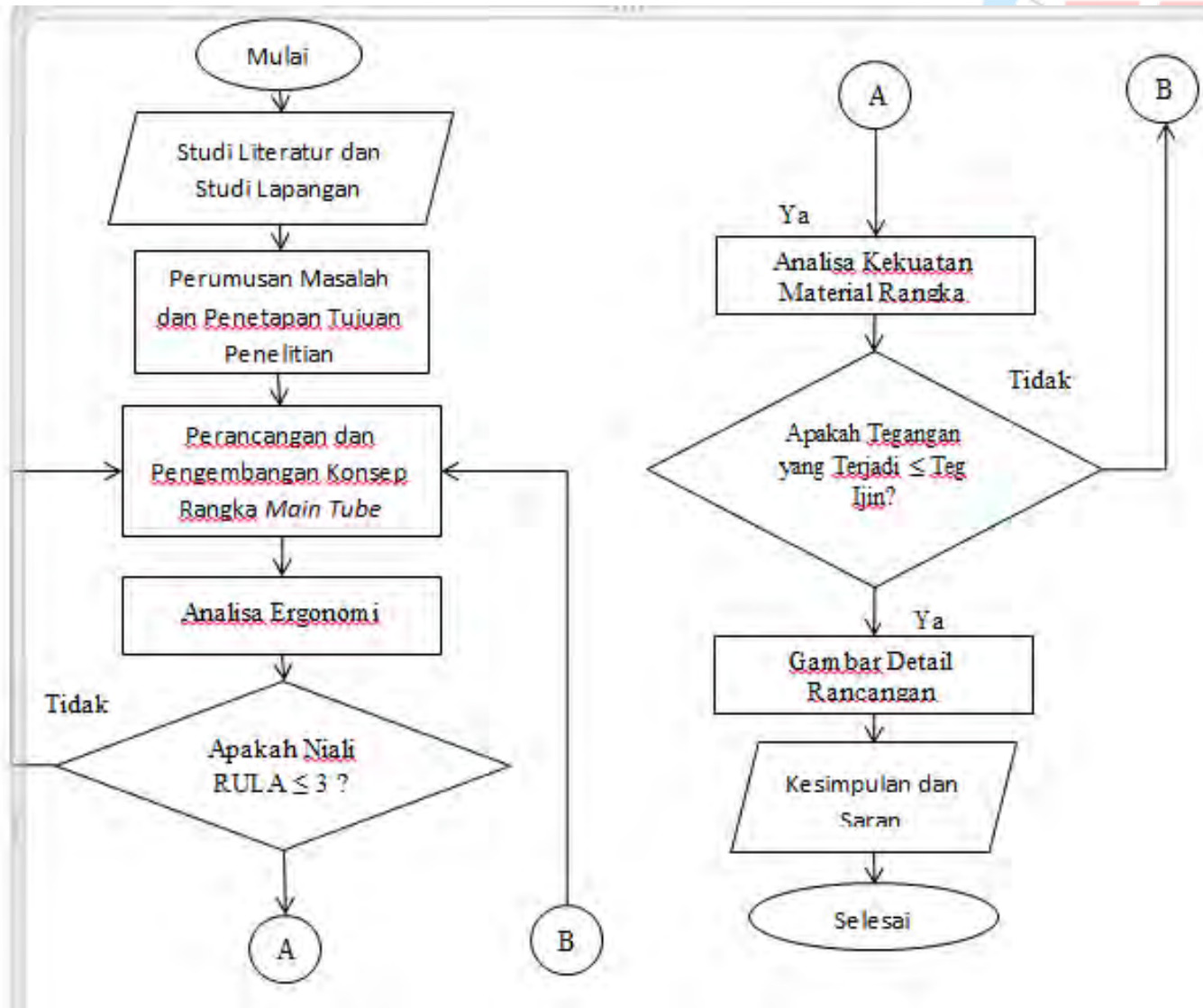
Pergerakan	Score
Ketika duduk dan ditopang dengan baik dengan sudut paha-tubuh 90° atau lebih	1
0 - 20° flexion	2
20° - 60° flexion	3
60° atau lebih flexion	4



Punggung Diputar atau Dibengkokkan  
Keterangan:  
+1 jika tubuh diputar  
+1 jika tubuh miring ke samping

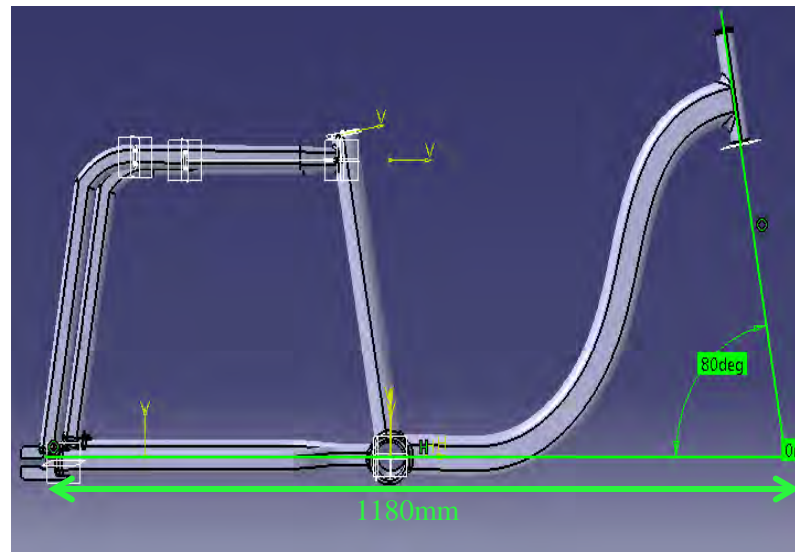


# Metode penelitian

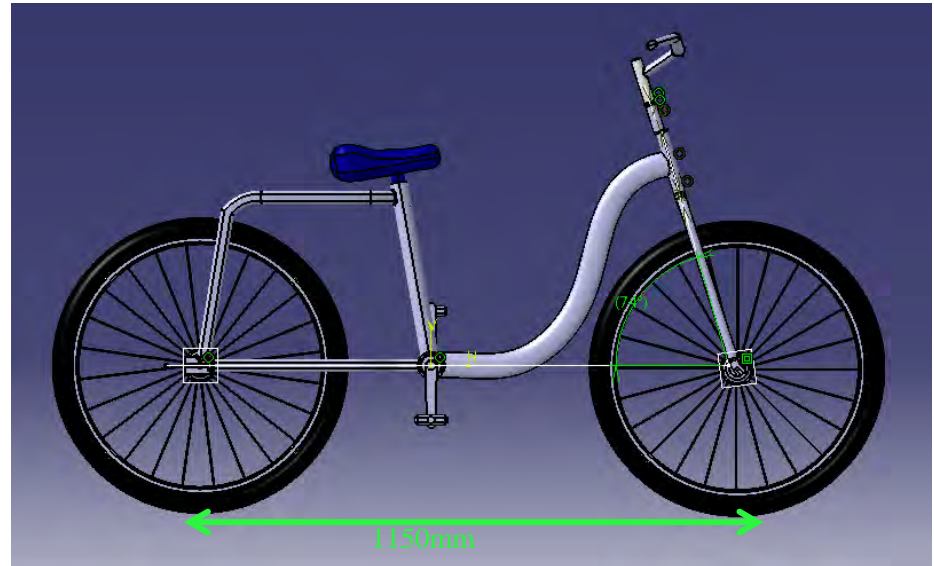


# Pengembangan Konsep

Konsep sebelumnya



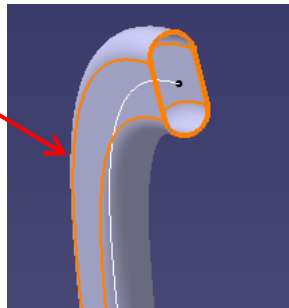
Pengembangan konsep rangka



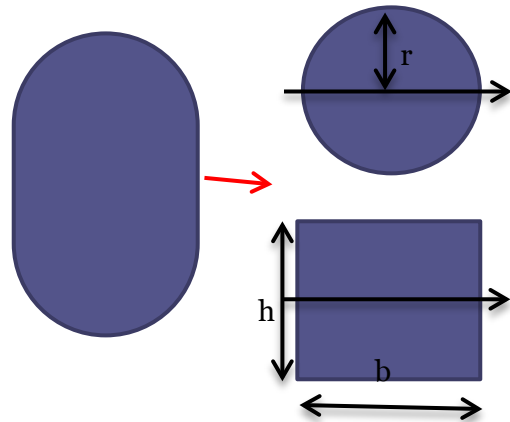
Rancangan Geometri Rangka (*Head tube angle* sebesar  $74^{\circ}$ )

# Pengembangan Konsep

## Profil Rangka Roundsquare



Inersia *Roundsquare* :



Dimana :  
 $r = 0,125m$   
 $h = 0,55$   
 $b = 0,25$

Untuk lingkaran : Untuk persegi :

$$I_x = \frac{\pi}{4} \times r^4$$

$$I_x = \frac{\pi}{4} \times 0,025^4$$

$$I_x = 3,066 \times 10^{-7}$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_x = \frac{0,25 \times 0,55^3}{12}$$

$$I_x = \frac{0,04159}{12}$$

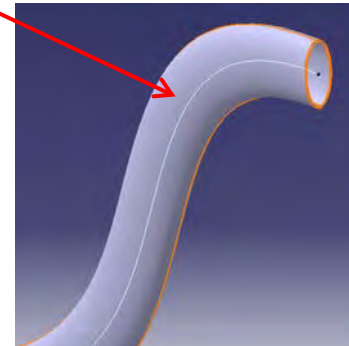
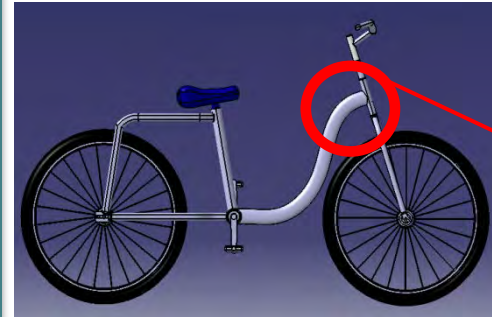
$$I_x = 1,466 \times 10^{-3}$$

Hasil Inersia *roundsquare*:

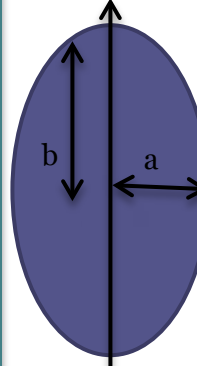
$$I_x = 3,066 \times 10^{-7} + 1,466 \times 10^{-3}$$

$$I_x = 1,466 \times 10^{-3}$$

## Pengembangan konsep



Inersia *Ellips* :



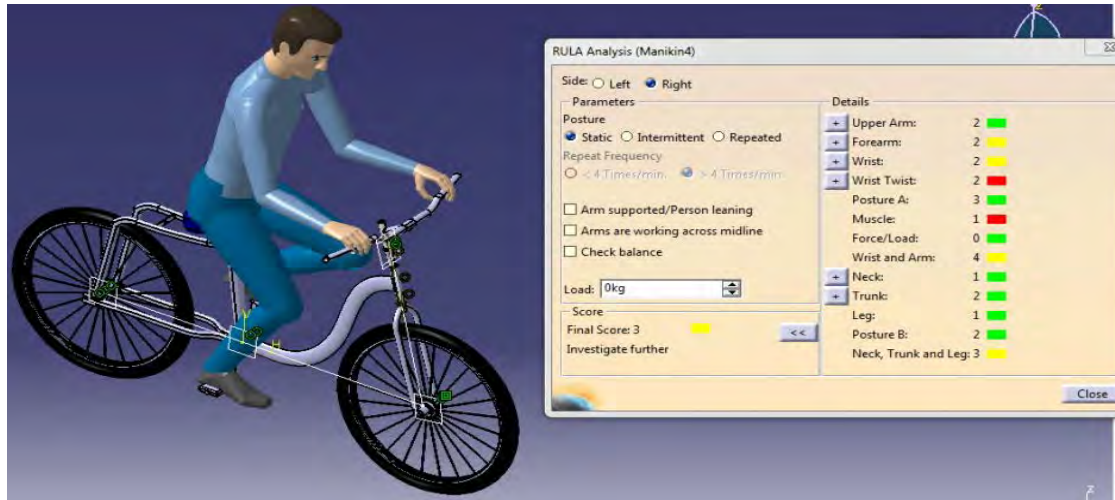
Dimana :  
 $a = 0,125$   
 $b = 0,275$

$$I_x = \frac{1}{4} \times \pi \times a \times b^3$$

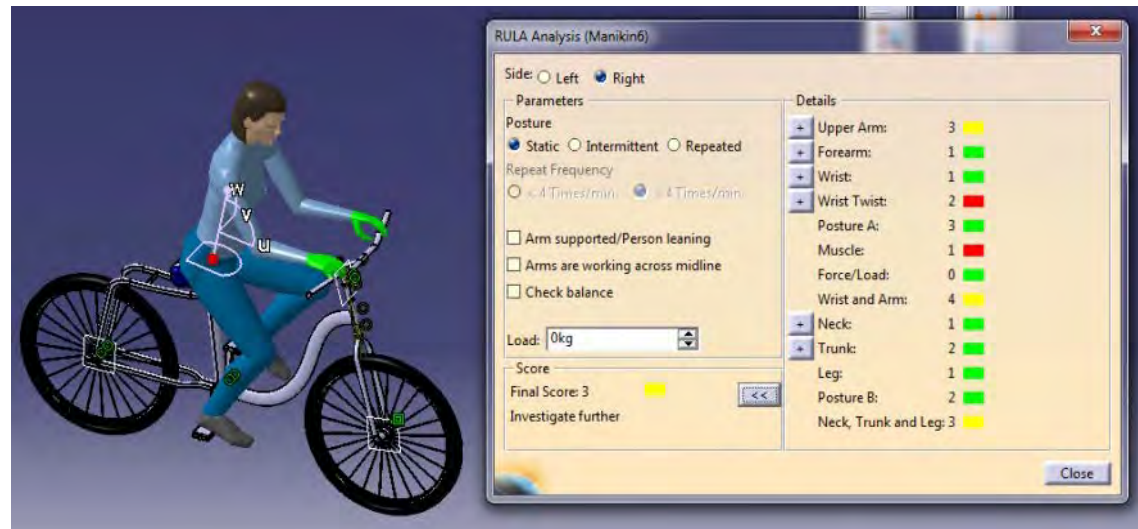
$$I_x = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,125m \times 0,275^3m$$

$$I_x = 2,0407 \times 10^{-3}$$

# Hasil analisa RULA

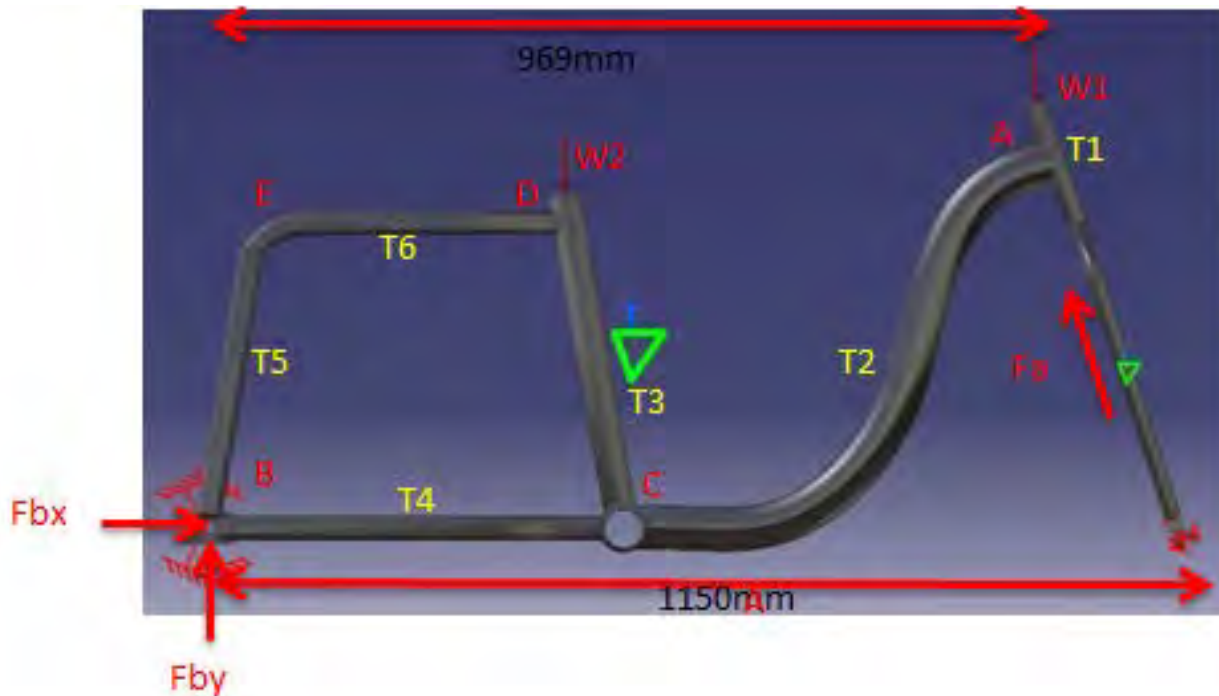


RULA Pria



RULA Wanita

# Analisa Kekuatan Material



Keterangan:

A – E : titik simpul

$T_1 - T_6$  : Gaya pada batang

$W_1$  : gaya berat pengendara (1/3 berat total) (327N)

$W_2$  : gaya berat pengendara (2/3 berat total) (654N)

$F_A$  : gaya reaksi tumpuan pada *head tube* (485,13N)

$F_{Bx}$  : gaya reaksi tumpuan pada *forged end* pada arah horisontal (84,21N)

$F_{by}$  : gaya reaksi tumpuan pada *forged end* pada arah vertikal (505,57N)



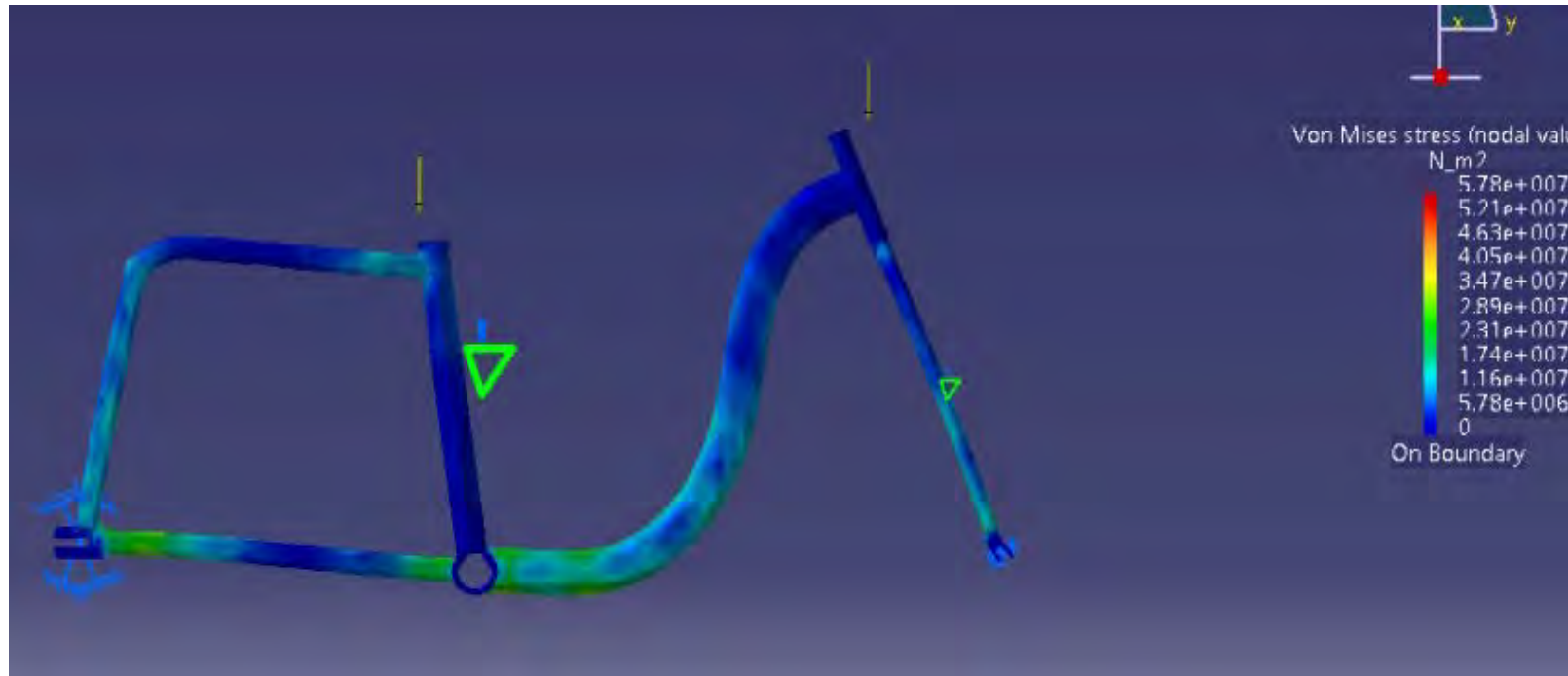
# Tegangan pada tiap batang

NO	Nama	gaya (N)	Jenis	Luasan Terkecil (m <sup>2</sup> )	Tegangan (N/m <sup>2</sup> )
1	T1	286	tekan	0,000126	2269841,27
2	T2	64,35	tekan	0,000188	342287,23
3	T3	667,34	tekan	0,000238	2803949,58
4	T4	569,78	tarik	0,000738	772059,62
5	T5	667,34	tekan	0,000101	6607326,73
6	T6	115,45	tekan	0,000101	1143069,3
maksimum					6607326,73

Tegangan maksimum : 6,6MPa  
Material : A ST45  
Tegangan ijin : 60MPa

Tegangan maksimum ( $\tau$  max) yang terjadi lebih kecil daripada tegangan ijin material (60MPa), sehingga perancangan dinyatakan aman

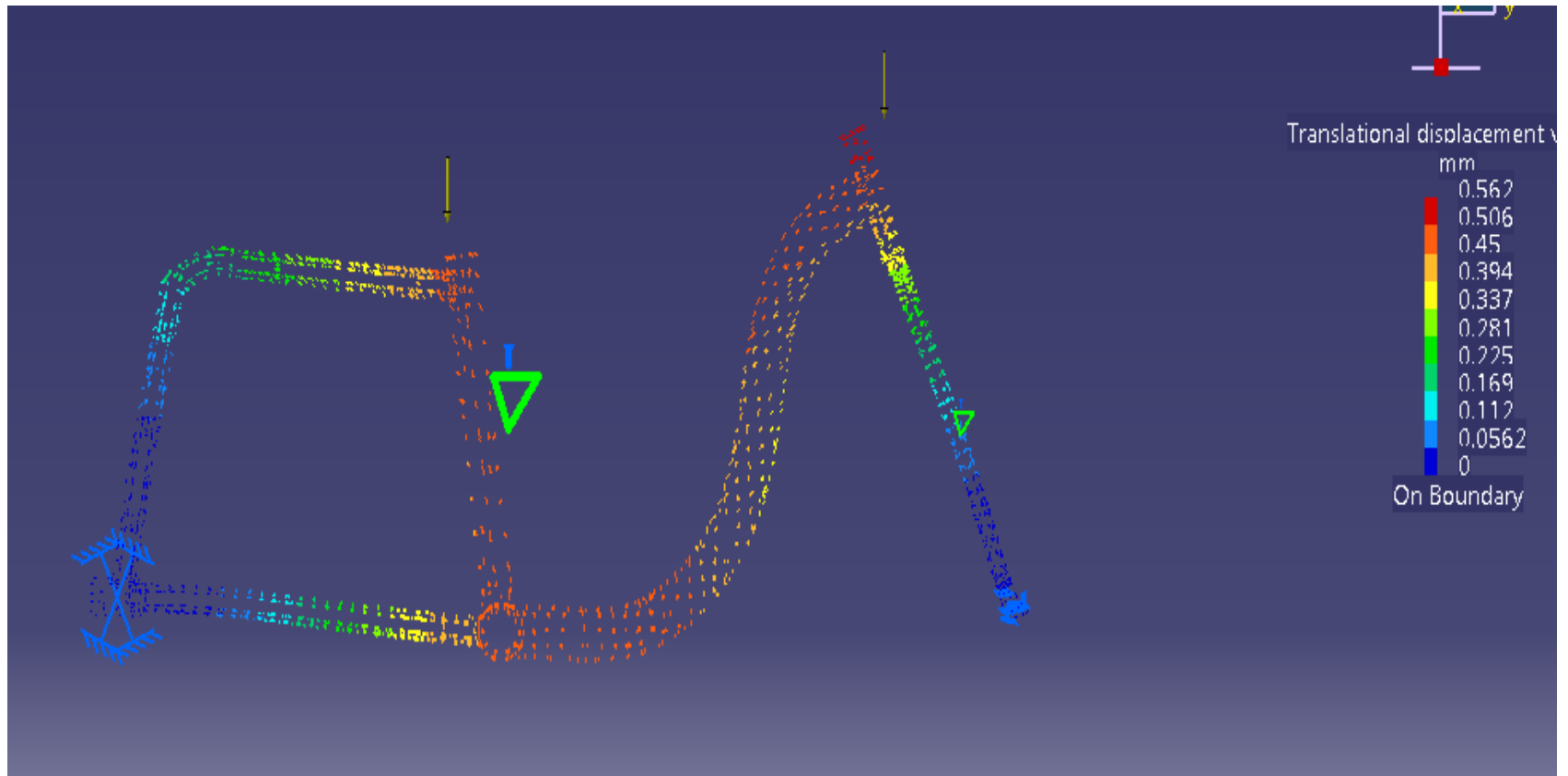
# Analisa Kekuatan Material Dengan Software CATIA V5R20



Tegangan maksimum : 57,8MPa  
Material : A ST45  
Tegangan ijin : 60MPa

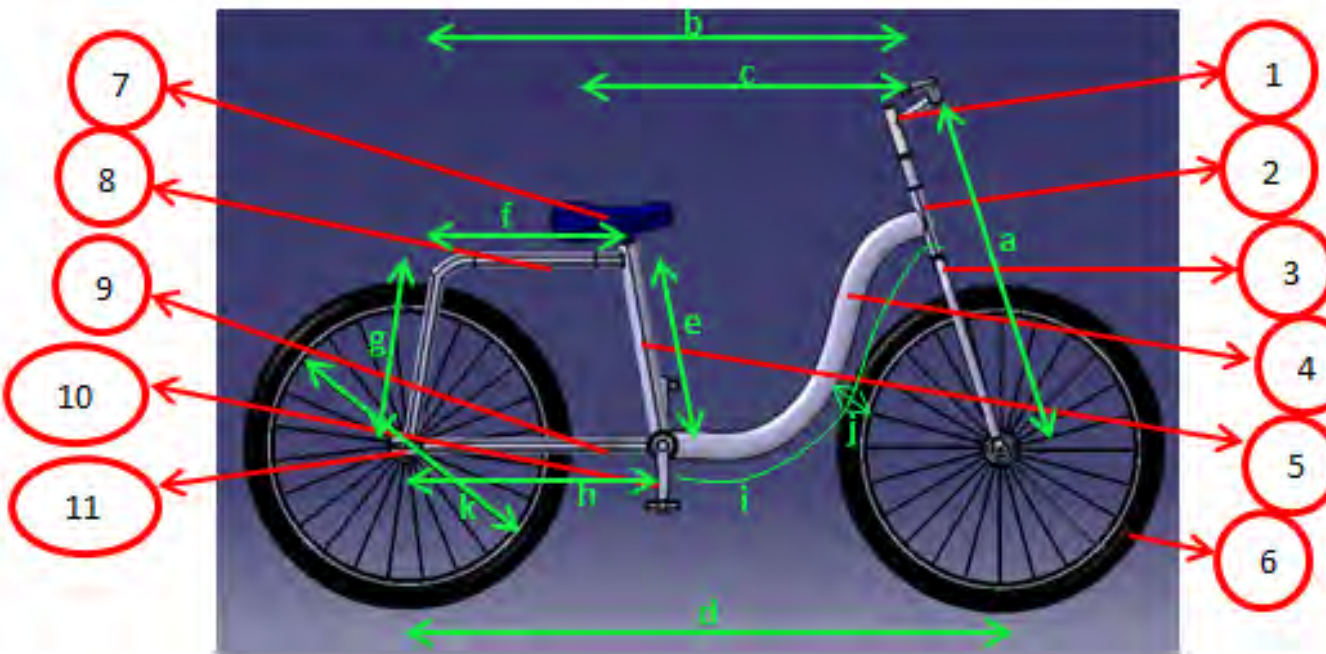
Tegangan maksimum ( $\tau$  max) yang terjadi lebih kecil daripada tegangan ijin material, sehingga perancangan dinyatakan aman

# Defleksi Maksimum Pada Rangka Sepeda ITS





# Sepeda ITS



Geometri :

a. 717mm

b. 969mm

c. 562mm

d. 1150mm

e. 400mm

f. 395mm

g. 350mm

h. 499mm

i. 730mm

j. 70mm

k. 670mm

Keterangan :

1. Stang (*steer*)

2. *Headtube*

3. Garpu

4. *Main tube*

5. *Seat tube*

6. Ban

7. *Sadel*

8. *Seat Stay*

9. *Chain Stay*

10. Pedal

11. Rear End

# Kesimpulan

- Pengembangan Sepeda ini menghasilkan kestabilan sepeda ITS yang diperoleh dari merubah posisi sudut *headtube* dari sebesar  $80^{\circ}$  menjadi  $74^{\circ}$  dengan panjang *wheelbase* sebesar 1150mm.
- Pengembangan sepeda ITS yang dihasilkan yaitu sepeda ITS dengan profil rangka utama berbentuk ellips dan bentuk penampang tersebut lebih kaku daripada penampang sebelumnya.
- Nilai RULA untuk responden pria dan wanita saat mengendarai sepeda ITS adalah 3, sehingga sepeda dapat dikatakan ergonomis.
- Rangka sepeda ITS mampu menahan beban 100kg dengan tegangan maksimum terjadi pada garpu depan sepeda sebesar 57,8 Mpa.

# Saran

- Untuk perhitungan manual maupun analisa menggunakan software sebaiknya dilakukan analisa yang lebih detail dengan metode yang sama agar hasil dari analisa tidak jauh berbeda.
- Perlu dilakukan analisa dinamis pada rangka saat sepeda dikendarai pada kecepatan tertentu.
- Material sepeda ITS menggunakan alumunium agar lebih ringan.
- Variasi pembebanan saat pengujian diberikan agar hasil lebih baik.



**Sekian dan Terima Kasih**